

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Katsunari OHSONO, et al.

GAU:

SERIAL NO: NEW APPLICATION

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: CASK



REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS  
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2001-051161	February 26, 2001

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

  
C. Irvin McClelland  
Registration No. 21,124



22850

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 2月26日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-051161

[ST.10/C]:

[JP2001-051161]

出 願 人

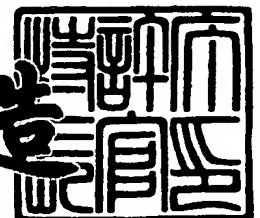
Applicant(s):

三菱重工業株式会社

2002年 1月18日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3116991

【書類名】 特許願

【整理番号】 200100117

【提出日】 平成13年 2月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G21F 5/00

【発明者】

【住所又は居所】 神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号 三菱重工業株式会社 神戸造船所内

【氏名】 大園 勝成

【発明者】

【住所又は居所】 神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号 三菱重工業株式会社 神戸造船所内

【氏名】 松岡 寿浩

【発明者】

【住所又は居所】 神戸市兵庫区小松通五丁目1番16号 株式会社神菱ハイテック内

【氏名】 大亀 信二

【特許出願人】

【識別番号】 000006208

【氏名又は名称】 三菱重工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089118

【弁理士】

【氏名又は名称】 酒井 宏明

【選任した代理人】

【識別番号】 100110560

【弁理士】

【氏名又は名称】 松下 恵三

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036711

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9902892

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 キャスク

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 中性子吸収性能を有する矩形の板状部材の両縁に一定間隔をもって切込部を設けると共に当該切込部同士を相互に差し込むように前記板状部材を直交して交互に積み重ねて構成した角断面形状のバスケットと、

$\gamma$  線の遮蔽を行うと共にキャビティ内をバスケットの外形に合わせた形状とした胴本体と、

胴本体の外周に配置した中性子遮蔽体とを備え、

前記キャビティ内に挿入したバスケットの各セル内に使用済み燃料集合体を収容することを特徴とするキャスク。

【請求項 2】 中性子吸収性能を有すると共に使用済み燃料集合体を収納する複数のセルを鋳造一体成形した角断面形状のバスケットと、

$\gamma$  線の遮蔽を行うと共にキャビティ内をバスケットの外形に合わせた形状とした胴本体と、

胴本体の外周に配置した中性子遮蔽体とを備え、

前記キャビティ内に挿入したバスケットの各セル内に使用済み燃料集合体を収容することを特徴とするキャスク。

【請求項 3】 前記キャビティ内の一部を、前記バスケットの外形に合わせた形状にしたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のキャスク。

【請求項 4】 さらに、ダミーパイプを設けると共に、前記キャビティ内であって胴本体の厚さに余裕がある部分を当該ダミーパイプに合わせた形状にし、前記ダミーパイプを、前記板状部材に接する状態でバスケットと共にキャビティ内に挿入したことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一つに記載のキャスク。

【請求項 5】 さらに、前記ダミーパイプの両端を塞いだことを特徴とする請求項 4 に記載のキャスク。

【請求項 6】 外周に中性子遮蔽体を有し且つ  $\gamma$  線の遮蔽を行う胴本体のキャビティ内を、中性子吸収性能を有する複数の角パイプをキャビティ内に挿入した状態で当該角パイプにより構成される角断面形状のバスケットの外形に合わせ

た形状とし、さらに、両端を塞いだ中空のダミーパイプを設けると共に、前記キャビティ内であって胴本体の厚さに余裕がある部分を当該ダミーパイプに合わせた形状にし、前記ダミーパイプを、前記角パイプに接する状態でバスケットと共にキャビティ内に挿入し、前記キャビティ内に挿入したバスケットの各セル内に使用済み燃料集合体を収容して貯蔵するようにしたことを特徴とするキャスク。

【請求項 7】 さらに、両端を塞いだダミーパイプ内にヘリウムガスなどの熱伝導媒体を封入することを特徴とする請求項 5 または 6 に記載のキャスク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、燃焼を終えた使用済み燃料集合体を収容、貯蔵するものであって、熱伝導効率を向上すること、使用済み燃料集合体の収容数を増加すること、コンパクト化或いは軽量化することのできるキャスクに関する。

【0002】

【従来の技術】

核燃料サイクルの終期にあつて燃焼を終え使用できなくなった核燃料集合体を、使用済み核燃料という。使用済み核燃料は、FP など高放射能物質を含むので熱的に冷却する必要があるから、原子力発電所の冷却ピットで所定期間（1～3 年間）冷却される。その後、遮蔽容器であるキャスクに収納され、トラック等で再処理施設に搬送、貯蔵される。使用済み燃料集合体をキャスク内に収容するにあたっては、バスケットと称する格子状断面を有する保持要素を用いる。当該使用済み燃料集合体は、当該バスケットに形成した複数の収納空間であるセルに 1 体ずつ挿入され、これにより、輸送中の振動などに対する適切な保持力を確保している。

【0003】

このようなキャスクの従来例としては、「原子力 e y e」（平成 10 年 4 月 1 日発行：日刊工業出版プロダクション）や特開昭 62-242725 号公報などにて様々な種類のものが開示されている。以下に本発明の開発にあたり、その前提となったキャスクについて説明する。なお、下記内容は、説明の便宜のために

示すものであり、いわゆる公知、公用に該当することを意味するものではない。

【0004】

図24は、キャスクの一例を示す斜視図である。図25は、図24に示したキャスクの軸方向断面図である。キャスク500は、筒形状の胴本体501と、胴本体501の外周に設けた中性子遮蔽体であるレジン502と、その外筒503、底部504および蓋部505から構成されている。胴本体501および底部504は、 $\gamma$ 線遮蔽体である炭素鋼製の鍛造品である。また、蓋部505は、ステンレス鋼製の一次蓋506および二次蓋507からなる。胴本体501と底部504は、突き合わせ溶接により結合してある。一次蓋506および二次蓋507は、胴本体501に対してステンレス製のボルトにより固定されている。蓋部505と胴本体501との間には、金属製のＯリングが介在し、内部の気密を保持している。

【0005】

胴本体501と外筒503との間には、熱伝導を行う複数の内部フィン508が設けられている。内部フィン508は、熱伝導効率を高めるためその材料には銅を用いる。レジン502は、この内部フィン508により形成される空間に流動状態で注入され、冷却することで固化形成する。バスケット509は、69本の角パイプ510を図24のような束状に集合させた構造であり、胴本体501のキャビティ511内に略拘束状態で挿入してある。

【0006】

当該角パイプ510は、挿入した使用済み燃料集合体が臨界に達しないように中性子吸収材（ホウ素：B）を混合したアルミニウム合金からなる。なお、キャスク本体512の両側には、キャスク500を吊り下げるためのトラニオン513が設けられている（一方は省略）。また、キャスク本体512の両端部には、内部に緩衝材として木材などを組み込んだ緩衝体514が取り付けられている（一方は省略）。

【0007】

なお、上記バスケット509には、角パイプ510を束状に集合させたもののみならず、菓子折り形や鑄造一体構造のものを用いることもある。菓子折り形の

バスケットは、矩形板状のバスケット材料の両側に切り込みを入れ、この切り込みをもって直交させ交互に組み立てることで構成する。これにより複数のセルを有するバスケットを形成することができる。また、鑄造一体構造のバスケットは、鑄造によってバスケット全体を成形し、そのセルは、中子を用いて成形するか或いは機械加工によって形成するようにする。

## 【 0 0 0 8 】

## 【発明が解決しようとする課題】

ところで、実際に上記キャスク 5 0 0 を製作する場合には、通常、使用済み燃料集合体の収容数、寸法および重量などの設計条件について検討する必要がある。具体的には、その収容数が多いうえ、外径が小さく、重量の軽いキャスクが好ましいものといえる。ところが、上記キャスク 5 0 0 の構成によれば、キャビティ 5 1 1 内面に対して最外周の角パイプ 5 1 0 で線接触することになるから（これは菓子折り形のバスケットも鑄造一体構造のバスケットも同じである）、バスケット 5 0 9 とキャビティ 5 1 1 の間に空間 S が生じ、セル 5 1 5 から胴本体 5 0 1 への熱伝導が効率的に行えない。また、空間 S の存在により胴本体 5 0 1 の径が大きくなってしまうため、キャスク 5 0 0 が重くなってしまう。

## 【 0 0 0 9 】

これに対し、キャスク外部に漏れる放射線量は、中性子および  $\gamma$  線の総量で規制されているから、キャスク 5 0 0 の軽量化を図るには胴本体 5 0 1 の厚さを小さくすればよいことになる。しかし、 $\gamma$  線遮蔽体でもあるから、胴本体 5 0 1 側に、 $\gamma$  線遮蔽機能を確保するだけの厚さが要求されることになる。また、上記キャスク 5 0 0 では、従来にない 6 9 個の燃料集合体を収容可能にしているが、所定重量に納めるため当該構成で胴本体 5 0 1 の径を小さくすると、使用済み燃料集合体の収容数が少なくなってしまう。

## 【 0 0 1 0 】

この発明は、上記に鑑みてなされたものであって、熱伝導効率を向上すること、使用済み燃料集合体の収容数を増加すること、コンパクト化或いは軽量化すること、のいずれかの条件を満たすキャスクを提供することを目的とする。

## 【 0 0 1 1 】

## 【課題を解決するための手段】

上述の目的を達成するために、請求項 1 にかかるキャスクは、中性子吸収性能を有する矩形の板状部材の両縁に一定間隔をもって切込部を設けると共に当該切込部同士を相互に差し込むように前記板状部材を直交して交互に積み重ねて構成した角断面形状のバスケットと、 $\gamma$ 線の遮蔽を行うと共にキャビティ内をバスケットの外形に合わせた形状とした胴本体と、胴本体の外周に配置した中性子遮蔽体とを備え、前記キャビティ内に挿入したバスケットの各セル内に使用済み燃料集合体を収容することを特徴とする。

## 【0012】

使用済み燃料集合体は、放射線を発生すると共に崩壊熱を伴う。この使用済み燃料集合体は、バスケットのセル内に収容することになるが、ここで、胴本体のキャビティ内をバスケットの外形に合わせた形状にすることで、当該バスケットをキャビティ内に挿入した場合に、外側の板状部材（特に角断面形状の部分）がキャビティ内面に接触した状態になる。また、キャビティ内の形状をバスケットの外形に合わせたことで、バスケットとキャビティとの空間をなくすか或いは微小にできる。このため、前記崩壊熱は、内部に導入するヘリウムガスや直接接触部分を介して、バスケットから胴本体へと効率的に伝導する。

## 【0013】

また、キャビティ内の空間を微小或いは無くしたことにより、胴本体の外径を小さくすることができる。反対に、胴本体の外径を、図 25 に示したような胴本体と同じくした場合、より多くのセルを形成できる。なお、上記接触状態とは、完全かつ常時、キャビティ内面とバスケット外面とが接触している必要はなく、僅かな隙間が存在したり一時的に接触が解かれる場合があることを含むものとする。また、上記板状部材には、実施の形態 3 に示すような中空構造のものも含まれる。

## 【0014】

さらに、前記板状部材は中性子吸収機能を有するから、使用済み燃料集合体を収納した場合でも臨界に達することはない。また、使用済み燃料集合体から発生した  $\gamma$  線は胴本体により遮蔽されると共に、中性子は中性子遮蔽体により遮蔽さ

れる。

【 0 0 1 5 】

また、請求項 2 にかかるキャスクは、中性子吸収性能を有すると共に使用済み燃料集合体を収納する複数のセルを鋳造一体成形した角断面形状のバスケットと、 $\gamma$ 線の遮蔽を行うと共にキャビティ内をバスケットの外形に合わせた形状とした胴本体と、胴本体の外周に配置した中性子遮蔽体を備え、前記キャビティ内に挿入したバスケットの各セル内に使用済み燃料集合体を収容することを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

バスケットを鋳造一体成形し、この角断面形状を持つバスケットの外形に胴本体のキャビティ内形を合わせることで、上記同様、バスケット外面がキャビティ内面に接触した状態になる。また、キャビティ内の形状をバスケットの外形に合わせたことで、バスケットとキャビティとの空間をなくすか或いは微小にできる。このため、前記崩壊熱は、内部に導入するヘリウムガスや直接接触部分を介して、バスケットから胴本体へと効率的に伝導する。さらに、胴本体の外径を小さくすることができる。反対に、胴本体の外径を、図 2 5 に示したような胴本体と同じくした場合、より多くのセルを形成できる。

【 0 0 1 7 】

また、請求項 3 にかかるキャスクは、上記キャスクにおいて、前記キャビティ内の一部を、前記バスケットの外形に合わせた形状にしたことを特徴とする。このように、キャビティ内の全てをバスケットの外形に合わせる必要はなく、その一部を合わせることによっても、上記請求項 1 または 2 にかかるキャスクと同質の作用、効果を得ることができる。すなわち、キャビティ内の一部をバスケットの外形に合わせることで、キャビティ内面とバスケットとの接触面積を確保できると共にキャビティ内の空間を小さくすることができる。このため、熱伝導を効率的に行うことができるようになる。また、空間を縮小した分、胴本体の外径を小さくすることができ、反対に胴本体の外径をそのままにすることで、使用済み燃料集合体の収容数を増加させることができる。

【 0 0 1 8 】

また、請求項4にかかるキャスクは、上記キャスクにおいて、さらに、ダミーパイプを設けると共に、前記キャビティ内であって胴本体の厚さに余裕がある部分を当該ダミーパイプに合わせた形状にし、前記ダミーパイプを、前記板状部材に接する状態でバスケットと共にキャビティ内に挿入したことを特徴とする。

## 【 0 0 1 9 】

キャスク内をバスケットの外形に合わせた形状にした場合、胴本体の厚さが不均一になるが、胴本体は $\gamma$ 線を遮蔽するものであって所定厚が確保できればそれ以外の厚み部分はキャスクの重量を増加させる原因となる。そこで、このキャスクでは、キャビティ内であって厚さに余裕がある部分にダミーパイプに合わせた形状を設け、当該ダミーパイプを挿入することで軽量化を図るようにしている。

## 【 0 0 2 0 】

また、板状部材に接する状態で挿入するので、バスケットと胴本体との伝熱の媒介役を果たす。また、積み重ねた板状部材を固定する機能を持たせることもできる。なお、ダミーパイプの形状および個数は、必要により適宜選択する。また、板状部材に接する状態とは、上記同様に完全かつ常時、接している必要はないことを意味するものとする。

## 【 0 0 2 1 】

また、請求項5にかかるキャスクは、上記キャスクにおいて、さらに、前記ダミーパイプの両端を塞いだことを特徴とする。ダミーパイプの両端を塞ぐことにより燃料取扱施設において純水を注入した際、当該ダミーパイプ内に純水が侵入しないので、その結果、純水の注入量が少なくなってキャスクを軽量化できる。また、両端を塞いだダミーパイプは、燃料を収納しないセルに挿入してもよいし、燃料を収納しない角パイプをダミーパイプとしてもよい。また、角パイプにより構成したバスケットに設けるようにしてもよい（請求項6）。

## 【 0 0 2 2 】

また、請求項7にかかるキャスクは、上記キャスクにおいて、さらに、両端を塞いだダミーパイプ内にヘリウムガスなどの熱伝導媒体を封入することを特徴とする。これにより、キャスクの軽量化と共に熱伝導性を向上できる。

## 【 0 0 2 3 】

## 【発明の実施の形態】

以下、この発明にかかるキャスクにつき図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。また、この発明の構成要素には、当該分野の当業者が容易に想定できるものが含まれることは言うまでもない。

## 【0024】

## 【実施の形態1】

図1は、この発明の実施の形態1にかかるキャスクを示す斜視図である。図2は、図1に示したキャスクの軸方向断面図である。図3は、図1に示したキャスクの径方向断面図である。この実施の形態1にかかるキャスク100は、胴本体101のキャビティ102内面をバスケット130の外周形状に合わせて機械加工したものである。キャビティ102内面の機械加工は、後述する専用の加工装置によってフライス加工する。胴本体101および底板104は、 $\gamma$ 線遮蔽機能を有する炭素鋼製の鍛造品である。なお、炭素鋼の代わりにステンレス鋼を用いることもできる。前記胴本体101と底板104は、溶接により結合する。また、耐圧容器としての密閉性能を確保するため、一次蓋110と胴本体101との間には金属ガスケットを設けておく。

## 【0025】

胴本体101と外筒105との間には、水素を多く含有する高分子材料であって中性子遮蔽機能を有するレジン106が充填されている。また、胴本体101と外筒105との間には熱伝導を行う複数の銅製内部フィン107が溶接されており、前記レジン106は、この内部フィン107によって形成される空間に流動状態で注入され、冷却固化される。なお、内部フィン107は、放熱を均一に行うため、熱量の多い部分に高い密度で設けるようにするのが好ましい。また、レジン106と外筒105との間には、数mmの熱膨張しろ108が設けられる。この熱膨張しろ108は、ホットメルト接着剤等にヒーターを埋め込んだ消失型を外筒105内面に配し、レジン106を注入固化した後、ヒーターを加熱して溶融排出することにより形成する（図示省略）。

## 【0026】

蓋部 1 0 9 は、一次蓋 1 1 0 と二次蓋 1 1 1 により構成される。この一次蓋 1 1 0 は、 $\gamma$  線を遮蔽するステンレス鋼または炭素鋼からなる円盤形状である。また、二次蓋 1 1 1 もステンレス鋼製または炭素鋼製の円盤形状であるが、その上面には中性子遮蔽体としてレジン 1 1 2 が封入されている。一次蓋 1 1 0 および二次蓋 1 1 1 は、ステンレス製または炭素鋼製のボルト 1 1 3 によって胴本体 1 0 1 に取り付けられている。さらに、一次蓋 1 1 0 および二次蓋 1 1 1 と胴本体 1 0 1 との間にはそれぞれ金属ガスケットが設けられ、内部の密封性を保持している。また、蓋部 1 0 9 の周囲には、レジン 1 1 4 を封入した補助遮蔽体 1 1 5 が設けられている。

## 【 0 0 2 7 】

キャスク本体 1 1 6 の両側には、キャスク 1 0 0 を吊り下げるためのトラニオン 1 1 7 が設けられている。なお、図 1 では、補助遮蔽体 1 1 5 を設けたものを示したが、キャスク 1 0 0 の搬送時には補助遮蔽材 1 1 5 を取り外して緩衝体 1 1 8 を取り付ける（図 2 参照）。緩衝体 1 1 8 は、ステンレス鋼材により作成した外筒 1 2 0 内にレッドウッド材などの緩衝材 1 1 9 を組み込んだ構造である。

## 【 0 0 2 8 】

図 4 は、図 1 に示したバスケットの組立図である。このバスケット 1 3 0 は、矩形の板状部材 1 3 5 を直交して交互に積み上げて構成したものである。矩形の板状部材 1 3 5 の両側には、一定間隔をもって切込部 1 3 6 が形成され、この切込部 1 3 6 の間隔はセル幅、すなわち使用済み燃料集合体の幅によって決定される。矩形の板状部材 1 3 5 は、この切込部 1 3 6 が相互に差し込むように直交して交互に積み重ねられる。これによって、全体的に複数のセルを有するバスケット 1 3 0 が構成される。また、板状部材 1 3 5 の材料には、A 1 または A 1 合金粉末に中性子吸収性能を持つ B または B 化合物の粉末を添加したアルミニウム複合材またはアルミニウム合金を用いる。また、中性子吸収材としては、ボロンの他にカドミウムを用いることができる。

## 【 0 0 2 9 】

図 5 は、上記板状部材の製造方法を示すフローチャートである。まず、アトマイズ法などの急冷凝固法により A 1 または A 1 合金粉末を作製すると共に（ステ

ップS401)、BまたはB化合物の粉末を用意し(ステップS402)、これら両粒子をクロスロータリーミキサー等によって10~15分間混合する(ステップS403)。

#### 【0030】

前記A1またはA1合金には、純アルミニウム地金、Al-Cu系アルミニウム合金、Al-Mg系アルミニウム合金、Al-Mg-Si系アルミニウム合金、Al-Zn-Mg系アルミニウム合金、Al-Fe系アルミニウム合金などを用いることができる。また、前記BまたはB化合物には、 $B_4C$ 、 $B_2O_3$ などを用いることができる。ここで、アルミニウムに対するボロンの添加量は、1.5重量%以上、7重量%以下とするのが好ましい。1.5重量%以下では十分な中性子吸収性能が得られず、7重量%より多くなると引っ張りに対する延びが低下するためである。

#### 【0031】

つぎに、混合粉末をラバーケース内に封入し、CIP (Cold Isostatic Press) により常温で全方向から均一に高圧をかけ、粉末成形を行う(ステップS404)。CIPの成形条件は、成形圧力を200MPaとし、成形品の直径が600mm、長さが1500mmになるようにする。CIPによって全方向から均一に圧力を加えることにより、成形密度のばらつきが少ない高密度な成形品を得ることができる。

#### 【0032】

続いて、前記粉末成形品を缶に真空封入し、300℃まで昇温する(ステップS405)。この脱ガス工程にて缶内のガス成分および水分を除去する。つぎの工程では、真空脱ガスした成形品をHIP (Hot Isostatic Press) により再成形する(ステップS406)。HIPの成形条件は、温度400℃~450℃、時間30sec、圧力6000tonとし、成形品の直径が400mmになるようにする。続いて、缶を除去するために外削、端面削を施し(ステップS407)、ポートホール押出機を用いて当該ピレットを熱間押出しする(ステップS408)。この場合の押出条件として、加熱温度を500℃~520℃、押出速度を5m/minとする。なお、この条件は、Bの含有量により適宜変更する。つ

ぎに、押出成形後、引張矯正を施すと共に（ステップ S 4 0 9）、非定常部および評価部を切断し、板状部材 1 3 5 とする（ステップ S 4 1 0）。そして、板状部材 1 3 5 に複数の切込部 1 3 6 を機械加工によって形成する（ステップ S 4 1 1）。

#### 【 0 0 3 3 】

図 6 の（a）は、図 3 に示したダミーパイプを示す斜視図である。図 3 に示すように、キャビティ 1 0 2 のうちセル数が 5 個または 7 個となるセル列の両側には、それぞれダミーパイプ 1 3 3 が挿入されている。このダミーパイプ 1 3 3 は、胴本体 1 0 1 の重量を軽減すると共に胴本体 1 0 1 の厚みを均一化することを目的とする。特に、厚みの均一化は、胴本体の特定部分に応力が集中するのを防止するのに効果がある。また、バスケット 1 3 0 を確実に固定する目的で用いることもできる。このダミーパイプ 1 3 3 の材料にはボロン入りアルミニウム合金を用い、上記同様の工程により製作する。

#### 【 0 0 3 4 】

また、ダミーパイプ 1 3 3 は角パイプ状であるが、その両端は蓋 1 3 3 a によって閉じられている（図 3 では蓋は図示省略）。蓋 1 3 3 a を溶接してダミーパイプ 1 3 3 内を密封すれば、燃料取扱施設において純水を注入した際、当該ダミーパイプ 1 3 3 内に純水が侵入しないので、キャスク軽量化の効果がある。具体的には、キャスクの重量が制限されるのは、燃料収納後、キャスク内に水が入った状態でキャスクピットから吊り上げるとき、燃料取り出しの為に注水し、キャスクピットに吊り降ろすときであり、ダミーパイプ 1 3 3 内に純水が侵入しないことによって当該吊り上げ又は吊り降ろしのときのキャスク重量が小さくなることを意味する。

#### 【 0 0 3 5 】

また、ダミーパイプ 1 3 3 の内部を密封することにより、内部に別の材料を充填することもできる。例えば内部にヘリウムガスを予め充填しておくことで、貯蔵の際のヘリウムガス導入作業を容易にできる。また、ヘリウムガスを封入することにより貯蔵時の熱伝導性を向上させることができる。なお、ヘリウムガスを導入する場合には、一方の蓋 1 3 3 a にバルブを設けるようにするのが好ましい

。また、ガス導入後はバルブを封止するようにするのが好ましい。ヘリウムガスのほか、熱伝導性の高い気体或いは流体を封入することでキャスクの熱伝導性を高めることができる。また、ダミーパイプ 1 3 3 の内部に上記レジン进行封入することもできる。このようにすれば、デッドスペースとなるダミーパイプ 1 3 3 の内部空間を有効利用して、中性子吸収性能を向上させることができる。

#### 【 0 0 3 6 】

図 6 の ( b ) は、ダミーパイプの変形例を示す斜視図である。同図に示すように、ダミーパイプ 1 3 4 の断面形状が扇形になるようにしてもよい。この場合、キャビティ 1 0 2 のダミーパイプ対応部分が曲面になる ( 図示省略 ) 。また、両側に蓋 1 3 4 a を溶接することで内部を密封し、この中にヘリウムガスやレジンを導入できるのは、図 6 の ( a ) に示したダミーパイプ 1 3 3 と同様である。

#### 【 0 0 3 7 】

つぎに、ダミーパイプ 1 3 3 は、上記のように胴本体 1 0 1 の重量を軽減すると共に胴本体 1 0 1 の厚みを均一化することを目的とするから、必ずしも密封構造であることを要しない。このため、ダミーパイプ 1 3 3 の蓋 1 3 3 a を省略してもよいし、図 7 の ( a ) に示すような、断面が H 字形状のダミー部材 1 3 7 に代替することもできる。また、図 7 の ( b ) に示すような、断面が N 字形状のダミー部材 1 3 8 を用いることもできる。特に、断面が N 字形状の場合は、弾性変形させて挿入することで、バスケット 1 3 0 を確実に固定することができる。なお、上記ダミーパイプ 1 3 3 は省略することもできる。

#### 【 0 0 3 8 】

つぎに、胴本体 1 0 1 のキャビティ 1 0 2 の加工について説明する。図 8 はキャビティ 1 0 2 の加工装置を示す概略斜視図である。この加工装置 1 4 0 は、胴本体 1 0 1 内を貫通すると共にキャビティ 1 0 2 内に載置固定される固定テーブル 1 4 1 と、固定テーブル 1 4 1 上を軸方向に摺動する可動テーブル 1 4 2 と、可動テーブル 1 4 2 上にて位置決め固定されているサドル 1 4 3 と、サドル 1 4 3 上に設けられスピンドル 1 4 4 および駆動モータ 1 4 5 からなるスピンドルユニット 1 4 6 と、スピンドル軸に設けたフェースミル 1 4 7 とから構成されている。また、スピンドルユニット 1 4 6 上には、キャビティ 1 0 2 内形状に従って

当接部を成形した反力受け 1 4 8 が設けられている。この反力受け 1 4 8 は、着脱自在であって蟻溝（図示省略）に沿って図中矢印方向にスライドする。また、反力受け 1 4 8 は、スピンドルユニット 1 4 6 に対するクランプ装置 1 4 9 を有しており、所定位置にて固定することができる。

## 【 0 0 3 9 】

さらに、固定テーブル 1 4 1 の下部溝内には、複数のクランプ装置 1 5 0 が取り付けられている。このクランプ装置 1 5 0 は、油圧シリンダ 1 5 1 と、油圧シリンダ 1 5 1 の軸に設けたくさび状の移動ブロック 1 5 2 と、当該移動ブロック 1 5 2 と傾斜面で当接する固定ブロック 1 5 3 とから構成されており、図中斜線部側を固定テーブル 1 4 1 の溝内面に取り付けるようにする。油圧シリンダ 1 5 1 の軸を駆動すると、移動ブロック 1 5 2 が固定ブロック 1 5 3 に当接し、くさびの効果により移動ブロック 1 5 2 が多少下方に移動する（図中点線で示す）。これにより、移動ブロック 1 5 2 の下面がキャビティ 1 0 2 内面に押し当てられるから、固定テーブル 1 4 1 をキャビティ 1 0 2 内で固定することができる。

## 【 0 0 4 0 】

また、胴本体 1 0 1 はローラからなる回転支持台 1 5 4 上に載せられており、径方向に回転自在となる。また、スピンドルユニット 1 4 6 とサドル 1 4 3 との間にスペーサ 1 5 5 をかますことにより、固定テーブル 1 4 1 上のフェースミル 1 4 7 の高さを調整することができる。サドル 1 4 3 は、可動テーブル 1 4 2 に設けたハンドル 1 5 6 を回転させることにより胴本体 1 0 1 の径方向に移動する。可動テーブル 1 4 2 は、固定テーブル 1 4 1 の端部に設けたサーボモータ 1 5 7 とボールネジ 1 5 8 により移動制御される。なお、加工が進むにつれてキャビティ 1 0 2 内の形状が変わるので、反力受け 1 4 8 やクランプ装置 1 5 0 の移動ブロック 1 5 2 を適当な形状のものに変更する必要がある。

## 【 0 0 4 1 】

図 9 は、キャビティの加工方法を示す概略説明図である。まず、クランプ装置 1 5 0 および反力受け 1 4 8 により固定テーブル 1 4 1 をキャビティ 1 0 2 内の所定位置にて固定する。つぎに、同図（a）に示すように、固定テーブル 1 4 1 に沿ってスピンドルユニット 1 4 6 を所定の切削速度にて移動させ、フェースミ

ル 1 4 7 によるキャビティ 1 0 2 内の切削を行う。当該位置での切削が完了すると、クランプ装置 1 5 0 を外して固定テーブル 1 4 1 を解放する。つぎに、同図 (b) に示すように、回転支持台 1 5 4 上で胴本体 1 0 1 を 9 0 度回転させ、クランプ装置 1 5 0 にて固定テーブル 1 4 1 を固定する。そして、上記同様にフェースミル 1 4 7 にて切削を行う。以降、前記同様の工程をさらに 2 回繰り返す。

## 【 0 0 4 2 】

つぎに、スピンドルユニット 1 4 6 を 1 8 0 度回転させ、同図 (c) に示すように、順次、キャビティ 1 0 2 内の切削を行う。この場合も、上記同様に胴本体 1 0 1 を 9 0 度回転させながら加工を繰り返す。つぎに、同図 (d) に示すように、スピンドルユニット 1 4 6 にスペーサ 1 5 5 をかませることで当該スピンドルユニット 1 4 6 の位置を高くする。そして、当該位置にてフェースミル 1 4 7 を軸方向に送り、キャビティ 1 0 2 内の切削を行う。これを 9 0 度回転させながら繰り返すことで、バスケット 1 3 0 を挿入するのに必要な形状がほぼ完成する。なお、ダミーパイプ 1 3 3 を挿入する部分の切削も、同図 (d) に示すのと同様に行えばよい。但し、スピンドルユニット 1 4 6 の高さを調整するスペーサ厚は、ダミーパイプ 1 3 3 の一辺と同じにする。

## 【 0 0 4 3 】

キャスク 1 0 0 に収容する使用済み燃料集合体は、核分裂性物質および核分裂生成物などを含み、放射線を発生すると共に崩壊熱を伴うため、キャスク 1 0 0 の除熱機能、遮蔽機能および臨界防止機能を貯蔵期間中 (6 0 年程度)、確実に維持する必要がある。この実施の形態 1 にかかるキャスク 1 0 0 では、胴本体 1 0 1 のキャビティ 1 0 2 内を機械加工してバスケット 1 3 0 の外周面を密着状態 (略空間なし) で挿入するようにしており、さらに、胴本体 1 0 1 と外筒 1 0 5 との間に内部フィン 1 0 7 を設けている。このため、燃料棒からの熱は、バスケット 1 3 0 或いは充填したヘリウムガスを通じて胴本体 1 0 1 に伝導し、主に内部フィン 1 0 7 を通じて外筒 1 0 5 から放出されることになる。以上から、バスケット 1 3 0 からの熱伝導率が向上し、崩壊熱の除熱を効率的に行うことができるようになる。

## 【 0 0 4 4 】

また、使用済み燃料集合体から発生する $\gamma$ 線は、炭素鋼あるいはステンレス鋼からなる胴本体101、外筒105、蓋部109などにおいて遮蔽される。また、中性子はレジン106によって遮蔽され、放射線業務従事者に対する被ばく上の影響をなくすようにしている。具体的には、表面線当量率が $2\text{ mSv/h}$ 以下、表面から1mの線量当量率が $100\text{ }\mu\text{ Sv/h}$ 以下になるような遮蔽機能が得られるように設計する。さらに、セル131を構成する板状部材には、ボロン入りのアルミニウム合金を用いているので、中性子を吸収して臨界に達するのを防止することができる。

## 【0045】

以上、この実施の形態1にかかるキャスク100によれば、胴本体101のキャビティ102内を機械加工しバスケット130の外周面を略密着状態で挿入するようにしたので、バスケット130からの熱伝導率を向上させることができる。また、キャビティ102内の空間をなくすることができるから、胴本体101をコンパクトかつ軽量にすることができる。なお、この場合であっても、使用済み燃料集合体の収容数が減少することはない。逆に、胴本体101の外径を図25に示すキャスク500と同じにすれば、それだけセル数を確保できるから、使用済み燃料集合体の収納数を増加することができる。具体的に当該キャスク100では、使用済み燃料集合体の収容数を69体にでき且つキャスク本体116の外径を $2560\text{ mm}$ 、重量を $120\text{ ton}$ に抑えることができる。また、現実の問題として、上記構成を採用することにより、要求される重量制限、寸法制限を満たした上で69本の使用済み燃料集合体を収容することが可能になった。

## 【0046】

図10は、上記キャスクの変形例を示す径方向断面図である。このキャスク200の胴本体201では、バスケット130の外周面が完全に当接するようにキャビティ202内を平面加工するのではなく、一部が当接して多少の空間 $S_a$ 、 $S_b$ が残るように加工する。すなわち、キャビティ202内部が円筒形状をしたキャビティ202の12箇所に対し、バスケット130の一部に係合するような複数条の溝205を加工する。また、キャビティ202とバスケット130との間に形成される空間 $S_b$ には、当該空間 $S_b$ の形状に応じたダミーパイプを挿入

する（図 6 の（b）に示したダミーパイプ 1 3 4 が好適である）。

【0 0 4 7】

かかる構成によれば、加工装置による胴本体 2 0 1 の加工量を少なくできるので生産性が向上する。また、バスケット 1 3 0 が胴本体 2 0 1 に対して直に当接する部分が増加すると共にキャビティ 2 0 2 内の空間 S a、S b を少なくできるので、上記実施の形態 1 のキャスク 1 0 0 には劣るものの、図 2 4 および図 2 5 に示すキャスク 5 0 0 に比べて熱伝導率を向上させることができる。さらに、キャスク 2 0 0 をコンパクトかつ軽量にすることができる。なお、この他の構成要素については上記実施の形態 1 のキャスク 1 0 0 と同じであるから、その説明を省略する。

【0 0 4 8】

〔実施の形態 2〕

図 1 1 は、この発明の実施の形態 2 にかかるキャスクを示す説明図である。このキャスク 2 1 0 では、鑄造一体構造のバスケット 2 1 1 を用いた点に特徴がある。その他の構成は、実施の形態 1 のキャスク 1 0 0 と同じであるからその説明を省略すると共に同一の構成要素には同一の符号を付す。この鑄造バスケット 2 1 1 は、鑄造バスケット 2 1 1 全体をブロック単位で成形し、それを積み重ねることによって形成される。ブロック 2 1 2 は鑄造によって一体成形され、使用済み燃料集合体を収容するセル 2 1 3 は、このブロック 2 1 2 に機械加工を施すことにより形成する。例えば放電加工やワイヤカットを用いてセル 2 1 3 を形成することができる。また、鑄造の際、中子を用いてセル 2 1 3 を形成するようにしてもよい。

【0 0 4 9】

このようにして形成したブロック 2 1 2 は、図 1 1 に示すように、キャビティ 1 0 2 内に積み重ねて収納される。キャビティ 1 0 2 内にブロック 2 1 2 を積層して挿入し、鑄造バスケット 2 1 1 を構成した状態で、ダミーパイプ 2 1 4 を挿入する。このダミーパイプ 2 1 4 は、実施の形態 1 に開示したものと同様の構成であり、その形状は図 6 および図 7 にて開示したものを適宜選択して採用できる。ダミーパイプ 2 1 4 を用いることで、鑄造バスケット 2 1 1 を用いた場合でも

、胴本体 1 0 1 の重量を軽減すると共に胴本体 1 0 1 の厚みを均一化することができる。

#### 【 0 0 5 0 】

鑄造バスケット 2 1 1 に適する鑄造法としては、寸法精度等の観点から金属の鑄型による加圧鑄造法を用いるのが好ましい。また、真空鑄造法によっても巣が少ない良好なバスケットを得ることができる。鑄造バスケット 2 1 1 の材料には、アルミニウムまたはアルミニウム合金に対してボロンを添加したものをを用いる。A l または A l 合金には、純アルミニウム地金、A l - C u 系アルミニウム合金、A l - M g 系アルミニウム合金、A l - M g - S i 系アルミニウム合金、A l - Z n - M g 系アルミニウム合金、A l - F e 系アルミニウム合金などを用いることができる。また、前記 B または B 化合物には、 $B_4C$ 、 $B_2O_3$ などを用いることができる。ここで、アルミニウムに対するボロンの添加量は、1. 5 重量%以上、7 重量%以下とするのが好ましい。1. 5 重量%以下では十分な中性子吸収性能が得られず、7 重量%より多くなると引っ張りに対する延びが低下するためである。

#### 【 0 0 5 1 】

図 1 2 の ( a ) は、鑄造ブロックの変形例を示す斜視図である。この鑄造ブロック 2 1 5 は、ダミーパイプに相当する部分 ( ダミーセル 2 1 6 ) を鑄造一体成形した点に特徴がある。このようにすれば、ダミーパイプを別製作して挿入する手間が省けるので、構造および組み立て作業が簡単になる。さらに、バスケットとダミーパイプとの接触界面がなくなるので、熱伝導効率が向上する。図 1 2 に示した鑄造ブロック 2 1 5 は、ダミーセル 2 1 6 を中空構造にしたが、中実構造物としても構わない ( 図示省略 ) 。また、鑄造ブロック 2 1 5 を同図 ( b ) に示すように、周方向に 4 分割したブロック 2 1 5 a と、中心に設置した 1 パイプ 2 1 5 b とから構成してもよい。このようにすれば、鑄造設備の能力に応じて鑄造ブロック 2 1 5 を製造できる。以上のように、鑄造バスケット 2 1 1 をキャビティ 1 0 2 内に略密着状態で收容することで、当該鑄造バスケット 2 1 1 から胴本体 1 0 1 への熱伝導効率を向上させることができる。また、キャビティ 1 0 2 内の空間をなくすことができるから、胴本体 1 0 1 をコンパクトかつ軽量にするこ

とができる。

#### 【 0 0 5 2 】

図 1 3 ～ 図 1 6 は、上記キャスクの変形例を示す説明図である。図 1 3 に示したキャスク 2 2 0 は P W R 用であり、胴本体 2 2 1 および中性子遮蔽体 2 2 2 が正八角形状となっており、そのキャビティ 2 2 3 内に鑄造一体構造のバスケット 2 2 4 が挿入されている。この鑄造バスケット 2 2 4 は、上記同様、アルミニウムまたはアルミニウム合金にボロンを添加した材料から構成されている。また、キャビティ 2 2 3 と鑄造バスケット 2 2 4 との間に生じる空間を埋めるため、断面が三角形のダミーセル 2 2 5 が一体で形成されている（同図（b）の拡大図参照）。これにより、鑄造バスケット 2 2 4 の外形が正八角形になり、同じく正八角形のキャビティ 2 2 3 に略密着状態で収容される。セル 2 2 6 とセル 2 2 6 との間には、純水やヘリウムガスが流れる貫通孔 2 2 7 が形成されている。

#### 【 0 0 5 3 】

この鑄造バスケット 2 2 4 のセル 2 2 6 および貫通孔 2 2 7 は、放電加工やワイヤカットなどの機械加工により形成される。また、鑄造ブロックを積層して鑄造バスケット 2 2 4 とする点は、上記鑄造バスケット 2 1 1 と同じである。このキャスク 2 2 0 では、使用済み燃料集合体を収納するセル 2 2 6 を 3 7 個形成したものであり、ダミーセル 2 2 5 は鑄造バスケット 2 2 4 の四隅に 8 個均等配置されている。また、ダミーセル 2 2 5 に蓋を設けて内部を密封するようにしてもよいし、内部にヘリウムガスやレジンを封入するようにしてもよい（図示省略）。さらに、同図では、ダミーセル 2 2 5 内は中空であったが中実にすることもできる。これらダミーセル 2 2 5 の有無、その形状や蓋の有無などは、キャスクに要求される重量制限、強度、熱伝導などの条件に基づいて適宜決定するのが好ましい。

#### 【 0 0 5 4 】

また、ダミーセル 2 2 5 の形状は、断面が正三角形である必要はなく、例えば図 1 4 の（a）に示すように、扇形状セル 2 2 5 a であってもよいし、図 1 4 の（b）に示すように、複数の円形状セル 2 2 5 b であってもよい。さらに、図 1 4 の（c）に示すように、2 つの三角形セル 2 2 5 c であってもよい。つぎに、

図 1 5 に示したキャスク 2 3 0 は、使用済み燃料集合体を収納するセル 2 3 6 を 3 2 個形成したものであり、胴本体 2 3 1 および中性子遮蔽体 2 3 2 が八角形状となっている。ダミーセル 2 3 5（同図（b）拡大図参照）は、バスケット 2 3 4 の四隅に 4 個均等配置されている。セル 2 3 6 とセル 2 3 6 の間には、純水やヘリウムガスが流れる貫通孔 2 3 7 が形成されている。

## 【 0 0 5 5 】

図 1 6 に示したキャスク 2 4 0 は、使用済み燃料集合体を収納するセル 2 4 6 が 3 2 個形成されたものである。鑄造バスケット 2 4 4 の外側には、その四隅部分でキャビティ 2 4 3 と接触しない中実部 2 4 5 が形成されており（同図（b）の拡大図参照）、キャビティ 2 4 3 面との間に所定の空間 2 4 7 が形成されている。これにより、完全に中実にした場合よりもキャスク 2 4 0 を軽量化できるという利点がある。一方、鑄造バスケット 2 4 4 の側面部は面一であり、キャビティ 2 4 3 内面と略密着状態となっている。このため、鑄造バスケット 2 4 4 から胴本体 2 4 1 への熱伝導がスムーズに行われる。また、キャビティ 2 4 3 内の空間を小さくできるから、キャスク 2 4 0 をコンパクトにできる。

## 【 0 0 5 6 】

## 〔実施の形態 3〕

図 1 7 は、この発明の実施の形態 3 にかかるキャスクを示す径方向断面図である。このキャスク 3 0 0 は、PWR 用であり菓子折り形のバスケット 3 0 1 を当該バスケット 3 0 1 の外形に合わせた内形状を持つキャビティ 3 0 6 内に收容したものである。また、胴本体 3 0 2 の外形は略正八角形となっており、この周囲にレジンで構成した中性子遮蔽体 3 0 3 が設けられている。中性子遮蔽体 3 0 3 は、胴本体 3 0 2 と外筒 3 0 4 との間に複数渡した銅製の伝熱フィン 3 0 5 で区切った空間に充填されている。なお、当該空間内にアルミニウム製或いは銅製のハニカム体を配置し、このハニカム内に中性子遮蔽体を圧入充填するようにしてもよい（図示省略）。

## 【 0 0 5 7 】

外筒 3 0 4 は分割構造になっており、胴本体 3 0 2 に溶接した伝熱フィン 3 0 5 に渡して溶接されている。好ましくは、同図に示すように、伝熱フィン 3 0 5

を矩形の外筒部材 3 0 4 a 両端縁に溶接して断面コの字形状のユニット 3 0 4 c とし、このユニット化した状態で胴本体 3 0 2 に溶接する。また、このユニット 3 0 4 c の溶接を一定間隔で行い、最後にユニット 3 0 4 c の外筒部材 3 0 4 a 間に矩形の外筒部材 3 0 4 b を渡して外部から溶接する。かかる組み立て方法によれば、極めて狭い空間内で溶接作業を行う必要がなく、殆ど外部から溶接することができるため、溶接作業を簡単にすることができる。

## 【 0 0 5 8 】

また、このようにユニット 3 0 4 c を構成するとき、外筒部材 3 0 4 a、3 0 4 b 同士の溶接部 3 0 4 d と、伝熱フィン 3 0 5 と外筒部材 3 0 4 a との溶接部 3 0 4 e とを離すようにすることで、熱影響部が局所的に集中するのを防止することができる。さらに、この取付方法のほか、全ての伝熱フィン 3 0 5 を胴本体 3 0 2 に溶接し、その後、矩形の外筒部材を順次伝熱フィン 3 0 5 の外周側端縁に溶接するようにしてもよい。なお、胴本体 3 0 2 は、実施の形態 1 のキャスク 1 0 0 と同様にステンレス鋼製或いは炭素鋼製の鍛造品である。

## 【 0 0 5 9 】

つぎに、キャビティ 3 0 6 内は、バスケット 3 0 1 の外形に合わせた形状となっている。図 1 8 は、バスケットの構成を示す説明図である。このバスケット 3 0 1 は、貫通孔 3 1 1 を有する矩形の板状部材 3 1 0 に切込部 3 1 2 を設け、板状部材 3 1 0 を直交させて交互に積み重ねることで構成されている。これによって、使用済み燃料集合体を収納する複数のセル 3 0 7 が形成される。前記貫通孔 3 1 1 は、板状部材 3 1 0 の長手方向にその断面が日の字になるように形成され、その中央のリブ 3 1 3 には、複数の連通孔が形成されている（図示省略）。また、前記貫通孔 3 1 1 は、切込部 3 1 2 をもって他の板状部材 3 1 0 の貫通孔 3 1 1 と連通する。さらに、板状部材 3 1 0 の長手方向端面には、上下に位置する板状部材 3 1 0 の貫通孔 3 1 1 同士を連通するための連通孔 3 1 4 が設けられている。なお、ここでは断面が日の字状の板状部材 3 1 0 を用いたが、リブを増やして目の字形状の板状部材としてもよい（図示省略）。このようにすれば、板状部材の剛性を高めることができる。

## 【 0 0 6 0 】

また、板状部材 3 1 0 の上下端縁には、凹部 3 1 5 および凸部 3 1 6 が形成されている。この凹部 3 1 5 と凸部 3 1 6 によって上下に位置する板状部材 3 1 0 同士の位置決めがなされる（図 1 9 参照）。これによって、セル 3 0 7 内に段差が発生するのが防止されるから、使用済み燃料集合体をセル 3 0 7 内にスムーズに収納することができる。また、板状部材 3 1 0 の端縁には凸部 3 1 7 が形成されている。また、図 2 0 に示すように、凸部 3 1 7 を設けることで板状部材 3 1 0 の端縁に段差ができるから、この隣接する段差の間に伝熱板 3 1 8 を渡す。これによってバスケット 3 0 1 の外周面が形成される。上記板状部材 3 1 0 および伝熱板 3 1 8 の材料は、実施の形態 1 と同様の材料であるアルミニウム或いはアルミニウム合金にボロンを添加したものをを用いる。なお、伝熱板 3 1 8 の取り付けは、同図に示すような凸部 3 1 7 を設ける方式に限定されない。例えば板状部材 3 1 0 の端縁に渡って伝熱板 3 1 8 を当て、スポット的な溶接などにより固定するようにしてもよい（図示省略）。

## 【 0 0 6 1 】

バスケット 3 0 1 の外形は、その 4 面 3 0 1 a が伝熱板 3 1 8 によって面一となり、他の 4 面 3 0 1 b が角断面形状となる。キャビティ 3 0 6 の内形状は、バスケット 3 0 1 の面一部分（3 0 1 a）と略密着状態になるように面一となり、バスケット 3 0 1 の角断面部分（3 0 1 b）に対応する部分は、略当該形状に合わせたものになるが隅部分に空間 S を残したものとなる。つぎに、この空間 S を埋めるように、断面が三角形のダミーパイプ 3 0 8 を挿入する。このダミーパイプ 3 0 8 により、胴本体 3 0 2 の重量を軽減すると共に胴本体 3 0 2 の厚みを均一化することができる。また、バスケット 3 0 1 のがたつきを抑えて確実に固定することができる。なお、断面三角形のダミーパイプ 3 0 8 に代えて、図 2 1 に示すような断面が四角形のダミーパイプ 3 0 8 a を用いることもできる。この場合、キャビティ 3 0 6 の内形状も当該ダミーパイプ 3 0 8 a に合わせた角断面形状となる。

## 【 0 0 6 2 】

トラニオン 3 0 9 は、胴本体 3 0 2 に対して直接取り付けられる。このとき、トラニオン 3 0 9 の取り付け位置は、胴本体 3 0 2 の角断面部分 3 0 2 b に設け

るようにするのが好ましい。角断面部分 3 0 2 b では、面一部分 3 0 2 a よりも胴本体 3 0 2 の厚みに多少の余裕があるため、トラニオン座を加工しても  $\gamma$  線遮蔽の観点から影響が少ないからである。また、トラニオン 3 0 9 内にはレジン 3 0 9 a が充填されるが、空間 S に設けたダミーパイプ 3 0 8 内にレジンを充填することで、トラニオン 3 0 9 のレジン非充填部分 3 0 9 b からの中性子の透過をある程度阻止できる。

#### 【 0 0 6 3 】

以上、このキャスク 3 0 0 によれば、菓子折り形のバスケット 3 0 1 の外形に合わせてキャビティ 3 0 6 を形成したので、バスケット 3 0 1 から胴本体 3 0 2 への熱伝導効率が向上する。特に、バスケット外周面に設けた伝熱板 3 1 8 を介して胴本体 3 0 2 に崩壊熱が効率的に伝わり、また、バスケット 3 0 1 の角断面部分 3 0 1 b においては一部が胴本体 3 0 2 に面接触していることでバスケット 3 0 1 を確実に保持すると共に熱伝導効率の向上に寄与している。さらに、空間 S にダミーパイプ 3 0 8 を挿入することで、バスケット 3 0 1 の変形に抗することができるので、より良い保持ができる。また、熱伝導効率が更に良くなる。なお、上記構成において、伝熱板 3 1 8 を省略してもある程度熱伝導効率を向上できることは言うまでもない。

#### 【 0 0 6 4 】

##### 〔実施の形態 4〕

図 2 2 は、この発明の実施の形態 4 にかかるキャスクの径方向断面図である。この実施の形態 4 にかかるキャスク 4 0 0 は、上記実施の形態 1 に示したキャスクの菓子折り形のバスケットを角パイプ形のバスケット 4 3 0 に変更したものである。これ以外の構成は実施の形態 1 のキャスク 1 0 0 と同じであるので、その説明を省略し同一の構成要素には同一の符号を付する。このバスケット 4 3 0 は、使用済み燃料集合体を収容するセル 1 3 1 を構成する 6 9 本の角パイプ 1 3 2 からなる。角パイプ 1 3 2 には、上記同様、A 1 または A 1 合金粉末に中性子吸収性能を持つ B または B 化合物の粉末を添加したアルミニウム複合材またはアルミニウム合金を用いる。また、中性子吸収材としては、ボロンの他にカドミウムを用いることができる。角パイプ 1 3 2 の製造方法は、実施の形態 1 にて示した

押出法によって行う。

【 0 0 6 5 】

上記角パイプ 1 3 2 は、例えば断面の一辺が 1 6 2 mm、内側が 1 5 1 mm の四角形状となる。寸法公差は、要求される規格の関係でマイナス公差を 0 にとる。また、内側角の R が 5 mm であるのに対し、外側角の R を 0. 5 mm のシャープエッジに成形する。エッジ部分の R が大きい場合、バスケット 4 3 0 に応力が加わると、角パイプ 1 3 2 の特定部位（エッジ近傍）に応力集中が起こって破損の原因となりうる。このため、角パイプ 1 3 2 をシャープエッジにすることで、隣接する角パイプ 1 3 2 に対して応力が素直に伝わるから、角パイプ 1 3 2 の特定部位に対する応力集中を避けることができる。なお、この角パイプ 1 3 2 の他の製造方法として、本願出願人により平成 1 1 年 5 月 2 7 日付け（「バスケット及びキャスク」）で既に出願済みのものがあるから、そちらを参照して製造してもよい。

【 0 0 6 6 】

図 2 3 は、上記角パイプの挿入方法を示す斜視図である。上記工程により製造した角パイプ 1 3 2 は、キャビティ 1 0 2 内の加工形状に沿って順次挿入される。ここで、角パイプ 1 3 2 に曲げとねじれが生じていること、寸法のマイナス公差が 0 であることから、角パイプ 1 3 2 を適当に挿入しようとする、公差の累積や曲げの影響を受けて挿入しにくくなり、無理に挿入すると角パイプ 1 3 2 に過剰な応力が加わることになる。そこで、製造した全部または一部の角パイプ 1 3 2 の曲げ及びねじれをレーザ測定器などにより予め測定し、コンピュータを用いることで、当該測定データに基づき最適な挿入位置を割り出すようにする。このようにすれば、キャビティ 1 0 2 内に角パイプ 1 3 2 を容易に挿入することができるし、それぞれの角パイプ 1 3 2 にかかる応力を均一にすることができる。

【 0 0 6 7 】

また、図 2 2 および図 2 3 に示すように、キャビティ 1 0 2 のうちセル数が 5 個または 7 個となる角パイプ列の両側には、それぞれダミーパイプ 4 3 3 が挿入されている。このダミーパイプ 4 3 3 にもボロン入りアルミニウム合金を用い、上記同様の工程により製作する。また、このダミーパイプ 4 3 3 の両端には蓋が

設けられている（図6の（a）参照）。ダミーパイプ433に蓋をしても良いし、内部を密封することにより、キャスク400の軽量化を図ることができる。さらに、ダミーパイプ433の内部にヘリウムガスやレジンなどの中性子遮蔽材を充填するようにしてもよい。

## 【0068】

## 【発明の効果】

以上、この発明のキャスク（請求項1）によれば、外周に中性子遮蔽体を有すると共に $\gamma$ 線の遮蔽を行う胴本体のキャビティ内を、複数の板状部材を交互に積み重ねて構成した角断面形状のバスケット外形に合わせた形状にしたので、バスケットがキャビティ内面に面接触する部分ができると共にバスケットとキャビティとの空間がなくなるか或いは微小になる。このため、熱伝導率が向上し、使用済み燃料集合体の収容数を増加することができる。また、コンパクト化あるいは軽量化することができる。

## 【0069】

また、この発明のキャスク（請求項2）によれば、外周に中性子遮蔽体を有すると共に $\gamma$ 線の遮蔽を行う胴本体のキャビティ内を、角断面形状を有する鑄造一体成形のバスケットの外形に合わせた形状にしたので、バスケットがキャビティ内面に面接触すると共にバスケットとキャビティとの空間がなくなるか或いは微小になる。このため、熱伝導率が向上し、使用済み燃料集合体の収容数を増加することができる。また、コンパクト化あるいは軽量化することができる。

## 【0070】

また、この発明にかかるキャスク（請求項3）では、キャビティ内の一部を、前記バスケットの外形に合わせた形状にしたので、上記請求項1または2にかかるキャスクには劣るものの、その熱伝導率を向上し、使用済み燃料集合体の収容数を増加することができる。また、コンパクト化あるいは軽量化することができる。

## 【0071】

また、この発明にかかるキャスク（請求項4）では、さらに、ダミーパイプを設けると共に、前記キャビティ内であって胴本体の厚さに余裕がある部分を当該

ダミーパイプに合わせた形状にし、前記ダミーパイプを、前記板状部材に接する状態でバスケットと共にキャビティ内に挿入するようにした。このため、キャスクのさらに軽量化を図ることができる。また、熱伝導率を向上できる。

【 0 0 7 2 】

また、この発明のキャスク（請求項 5 および 6）によれば、ダミーパイプの両端を塞いだことでキャスクを軽量化することができる。また、この発明にかかるキャスク（請求項 7）では、両端を塞いだダミーパイプ内にヘリウムガスなどの熱伝導媒体を封入することで、キャスクの軽量化と共に熱伝導性を向上できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

この発明の実施の形態 1 にかかるキャスクを示す斜視図である。

【図 2】

図 1 に示したキャスクを示す軸方向断面図である。

【図 3】

図 1 に示したキャスクを示す径方向断面図である。

【図 4】

図 1 に示したバスケットの組立図である。

【図 5】

板状部材の製造方法を示すフローチャートである。

【図 6】

ダミーパイプを示す斜視図である。

【図 7】

ダミーパイプの変形例を示す斜視図である。

【図 8】

キャビティの加工装置を示す概略斜視図である。

【図 9】

キャビティの加工方法を示す概略説明図である。

【図 1 0】

キャスクの変形例を示す径方向断面図である。

【図 1 1】

この発明の実施の形態 2 にかかるキャスクを示す説明図である。

【図 1 2】

鋳造ブロックの変形例を示す斜視図である。

【図 1 3】

図 1 1 に示したキャスクの変形例を示す説明図である。

【図 1 4】

図 1 1 に示したキャスクの変形例を示す説明図である。

【図 1 5】

図 1 1 に示したキャスクの変形例を示す説明図である。

【図 1 6】

図 1 1 に示したキャスクの変形例を示す説明図である。

【図 1 7】

この発明の実施の形態 3 にかかるキャスクを示す径方向断面図である。

【図 1 8】

バスケットの構成を示す説明図である。

【図 1 9】

板状部材の組立状態を示す説明図である。

【図 2 0】

板状部材に取り付ける伝熱板の組立図である。

【図 2 1】

ダミーパイプの変形例である。

【図 2 2】

この発明の実施の形態 4 にかかるキャスクの径方向断面図である。

【図 2 3】

図 2 2 に示した角パイプの挿入方法を示す斜視図である。

【図 2 4】

キャスクの一例を示す斜視図である。

【図 2 5】

図 2 4 に示したキャスクを示す軸方向断面図である。

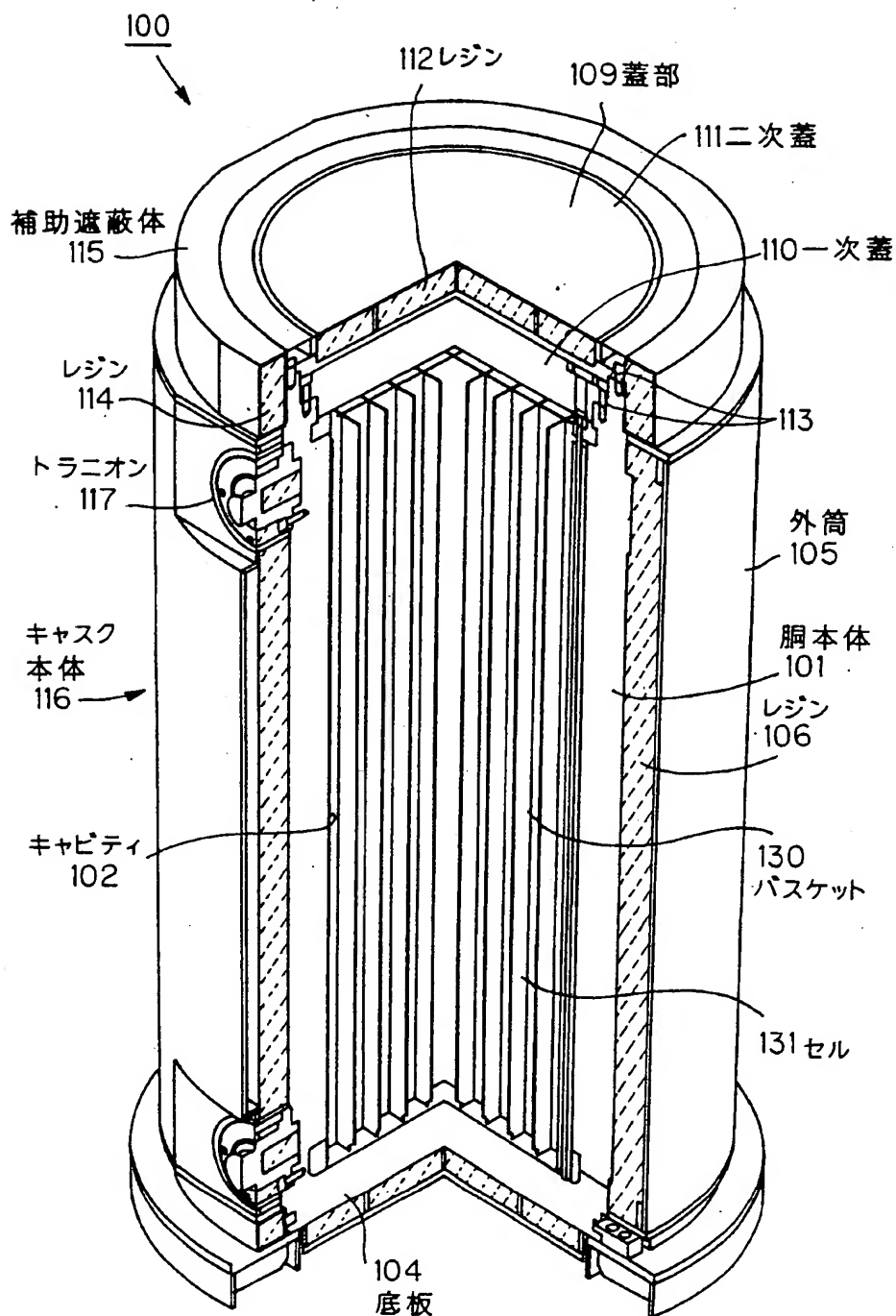
【符号の説明】

- 1 0 0    キャスク
- 1 0 1    胴本体
- 1 0 2    キャビティ
- 1 0 4    底板
- 1 0 5    外筒
- 1 0 6    レジン
- 1 0 7    内部フィン
- 1 0 8    熱膨張しろ
- 1 0 9    蓋部
- 1 1 0    一次蓋
- 1 1 1    二次蓋
- 1 1 5    補助遮蔽体
- 1 1 6    キャスク本体
- 1 1 7    トラニオン
- 1 1 8    緩衝体
- 1 3 0    バスケット
- 1 3 1    セル
- 1 3 2    角パイプ

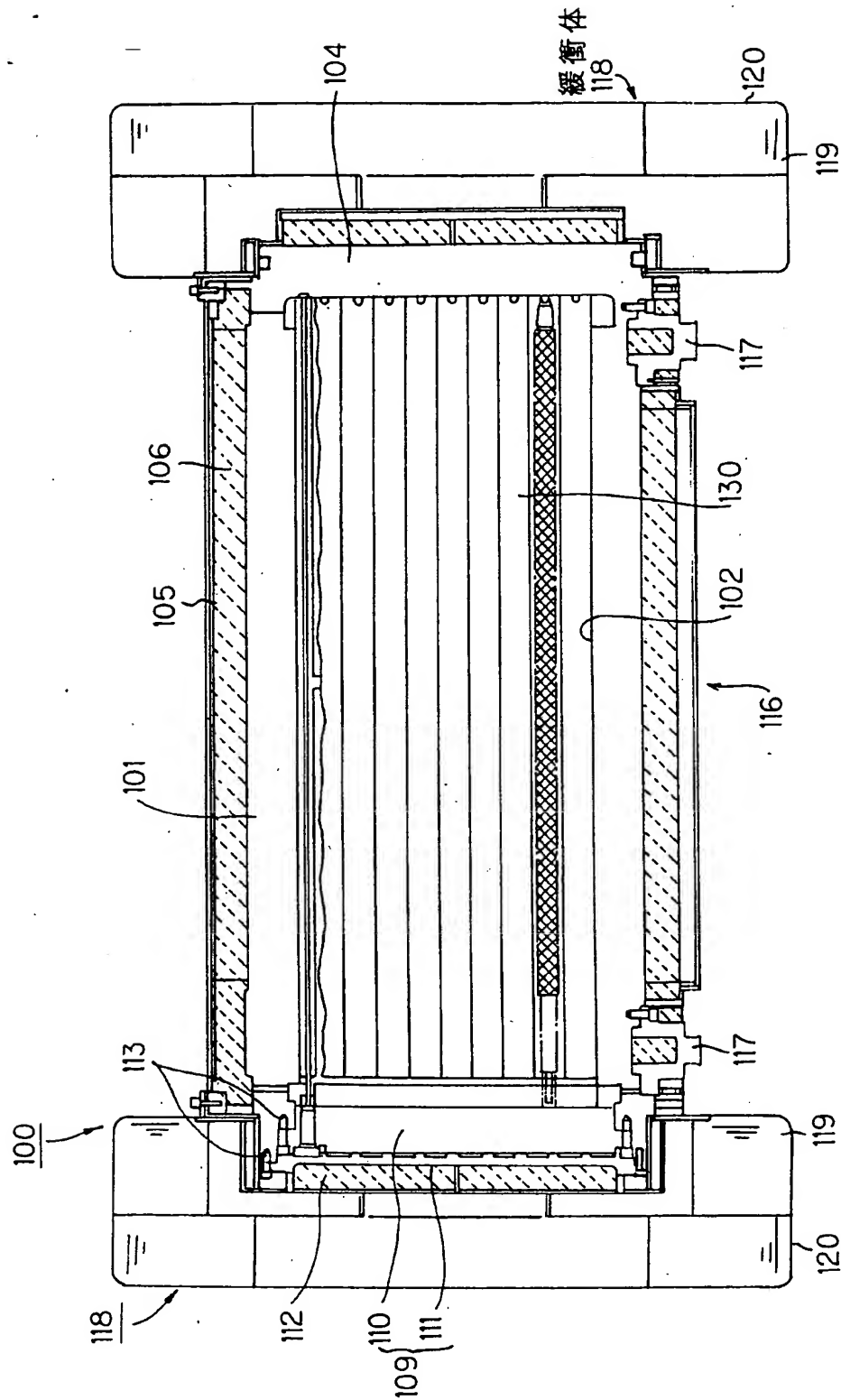
【書類名】

図面

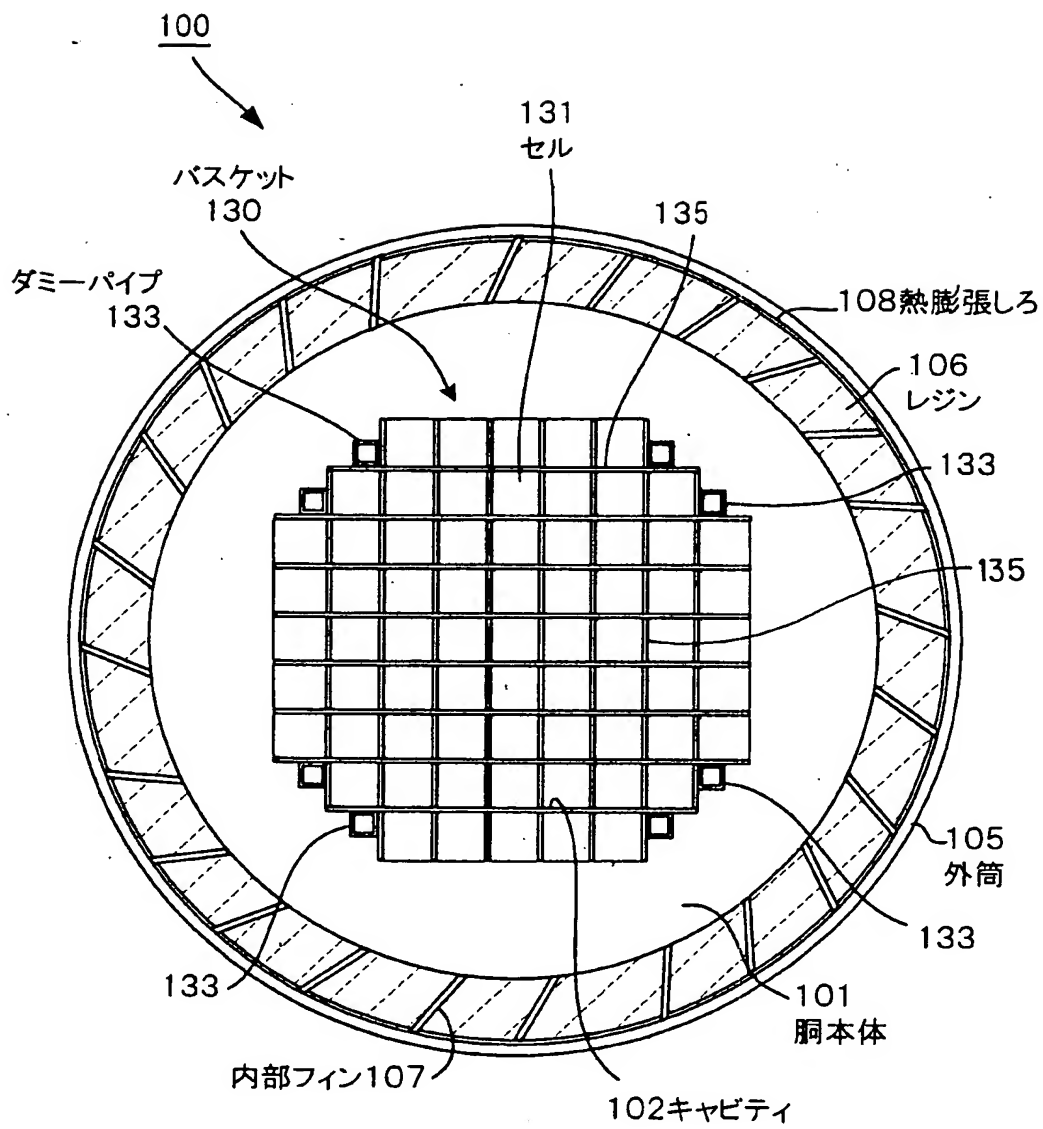
【図 1】



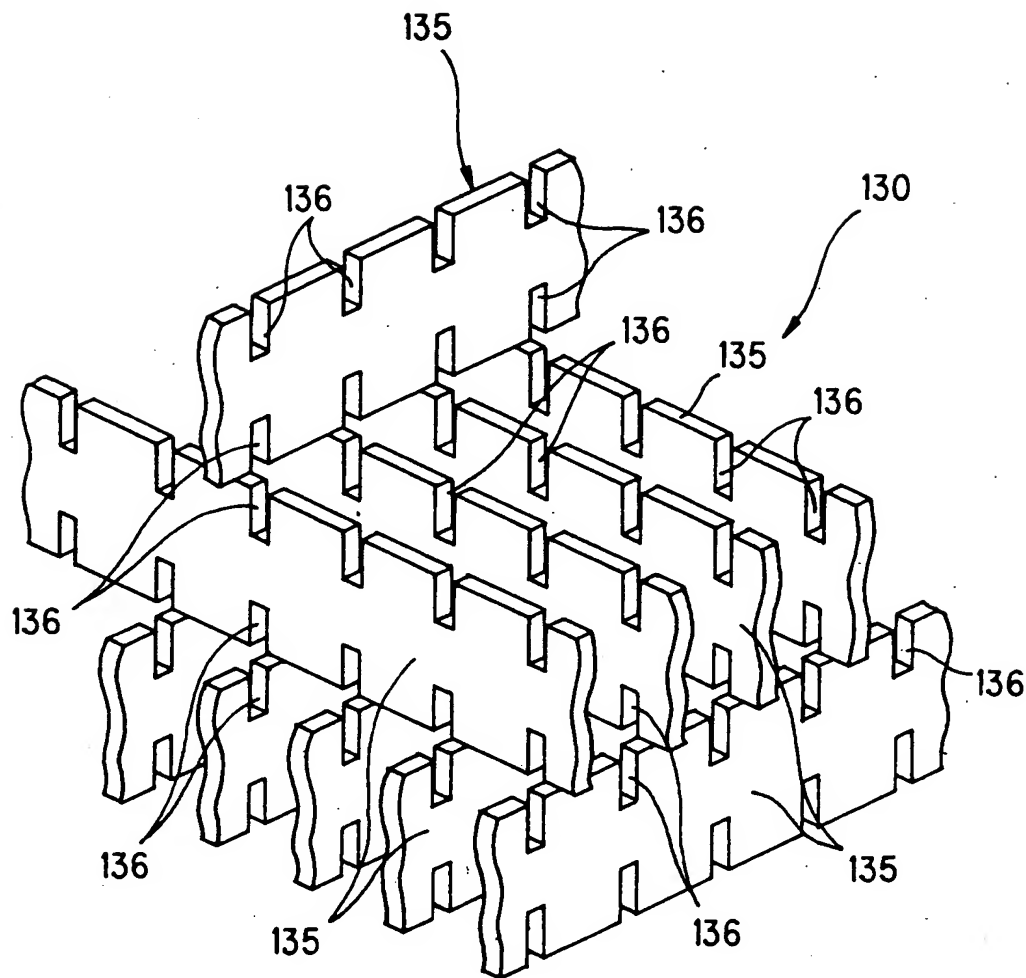
【図 2】



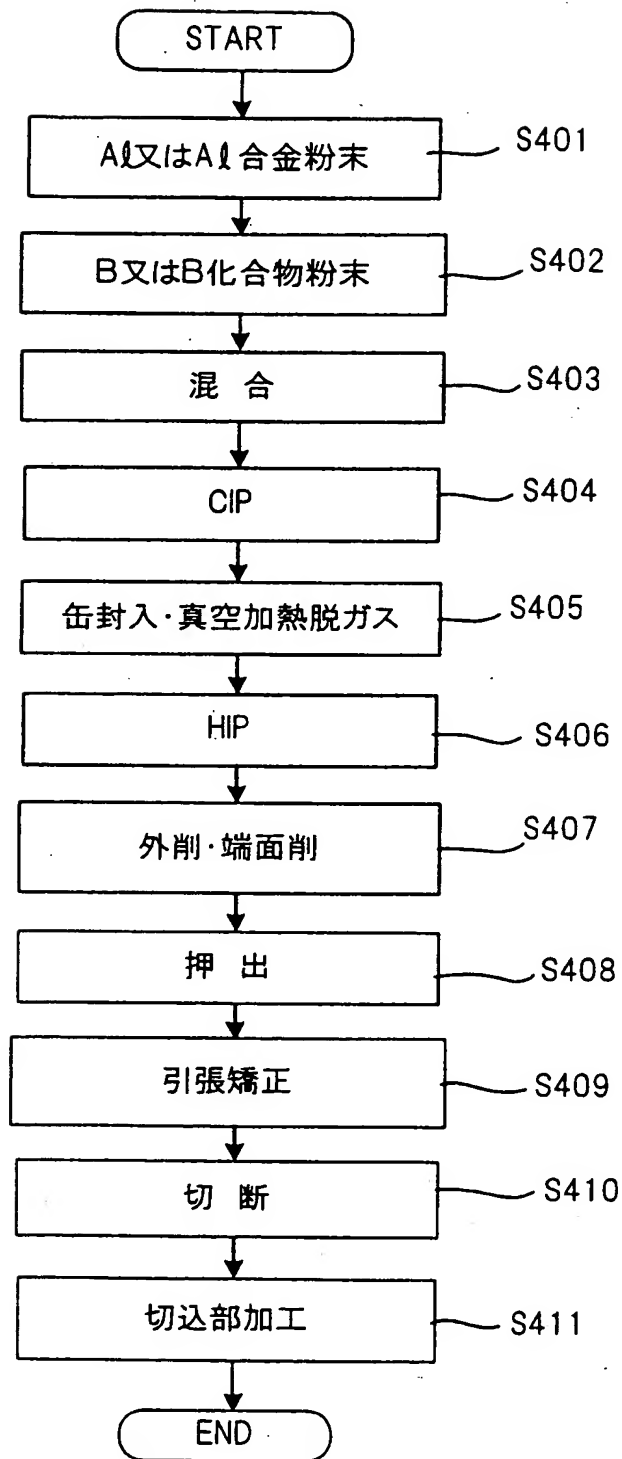
【図 3】



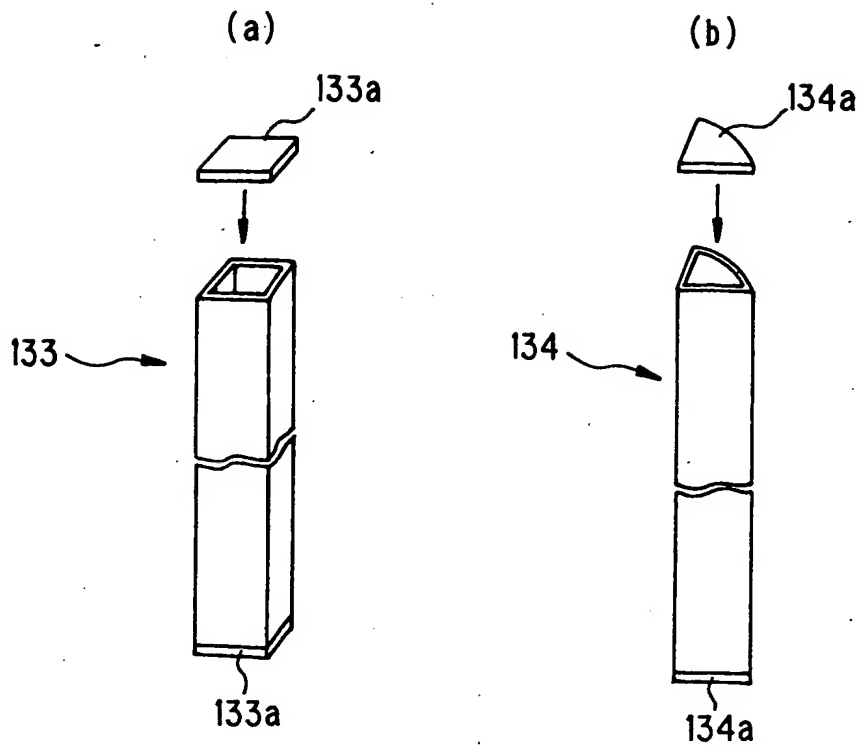
【図4】



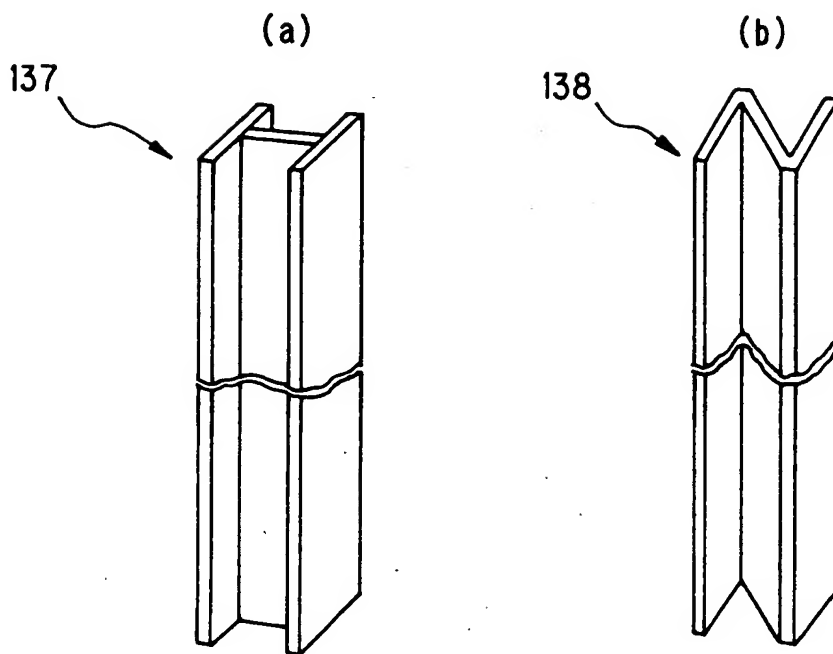
【図 5】



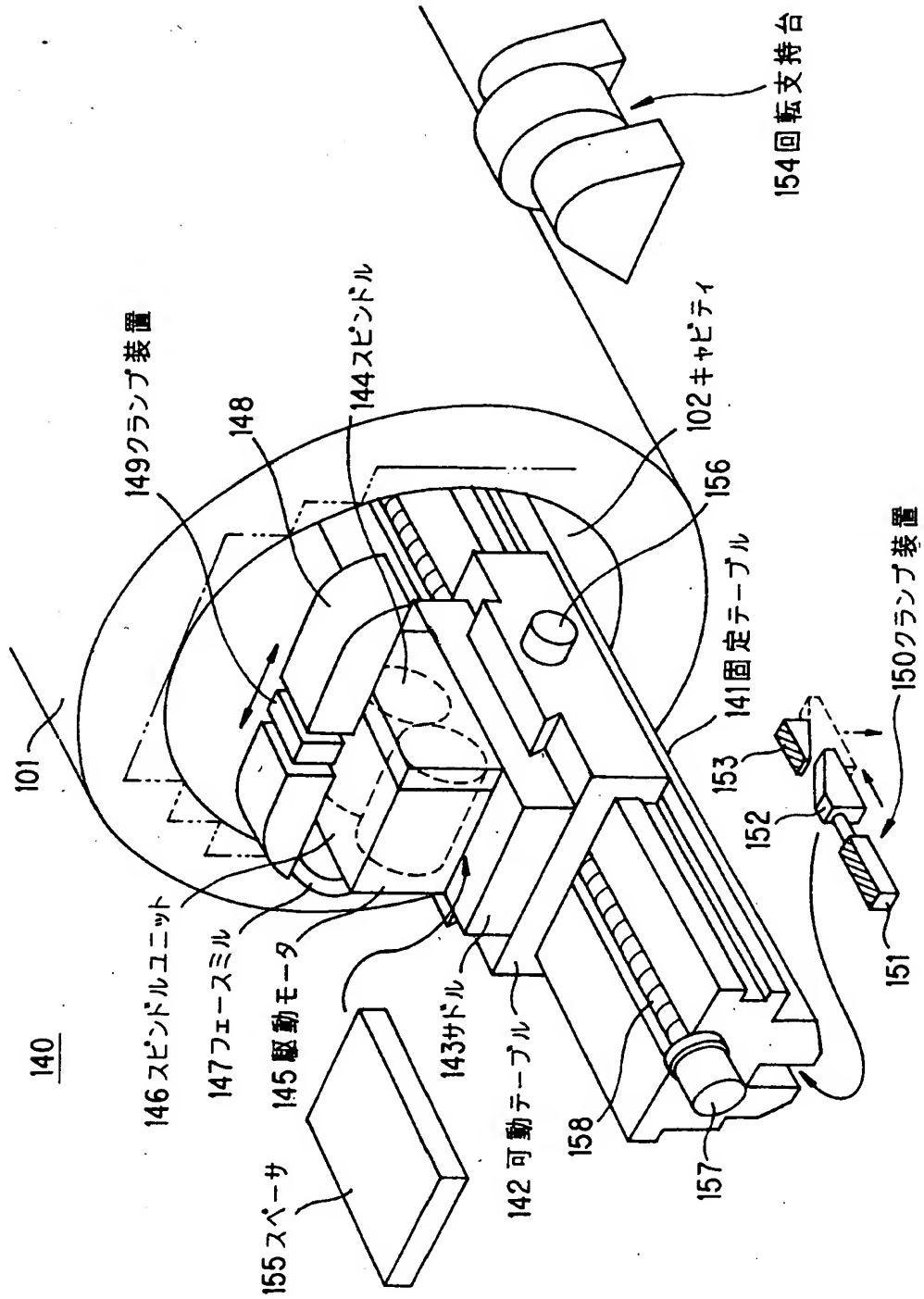
【図 6】



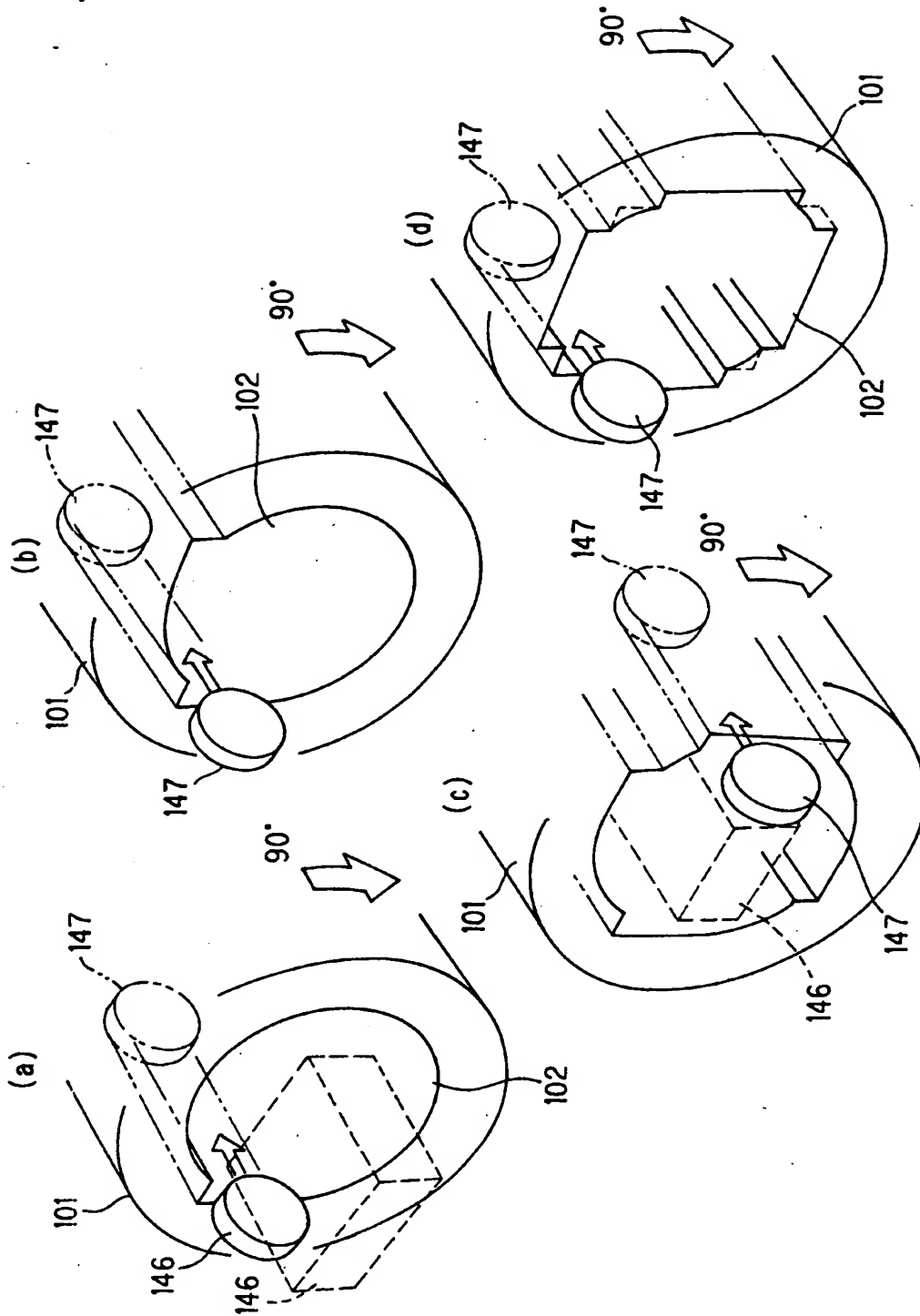
【図 7】



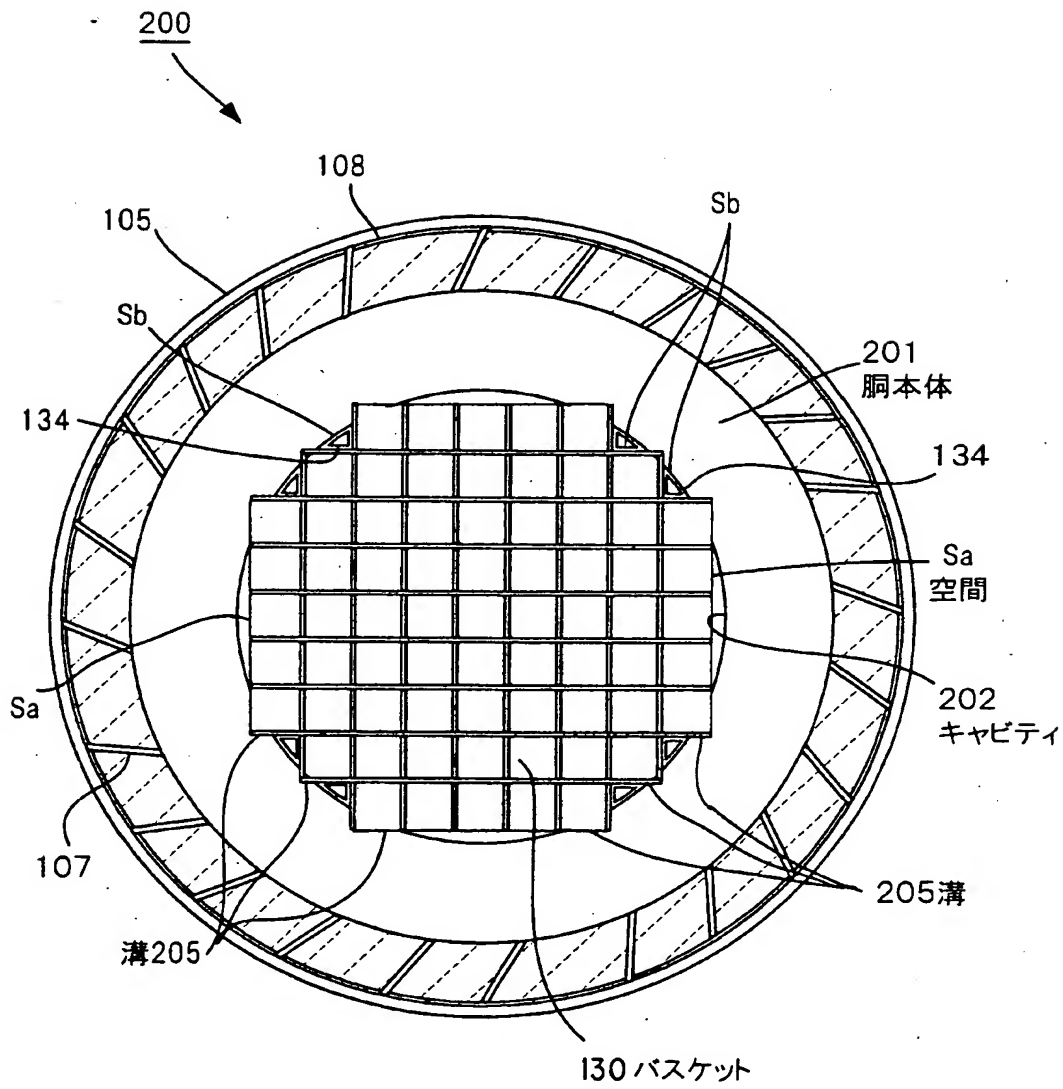
【図8】



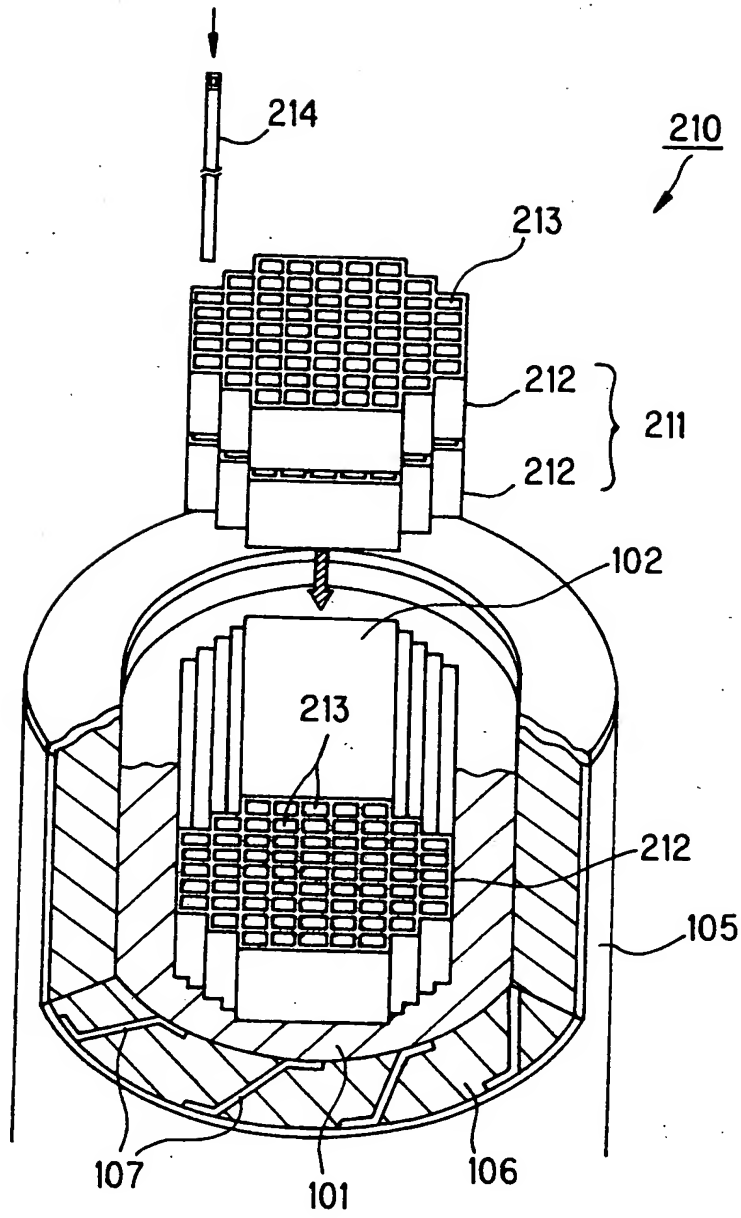
【図9】



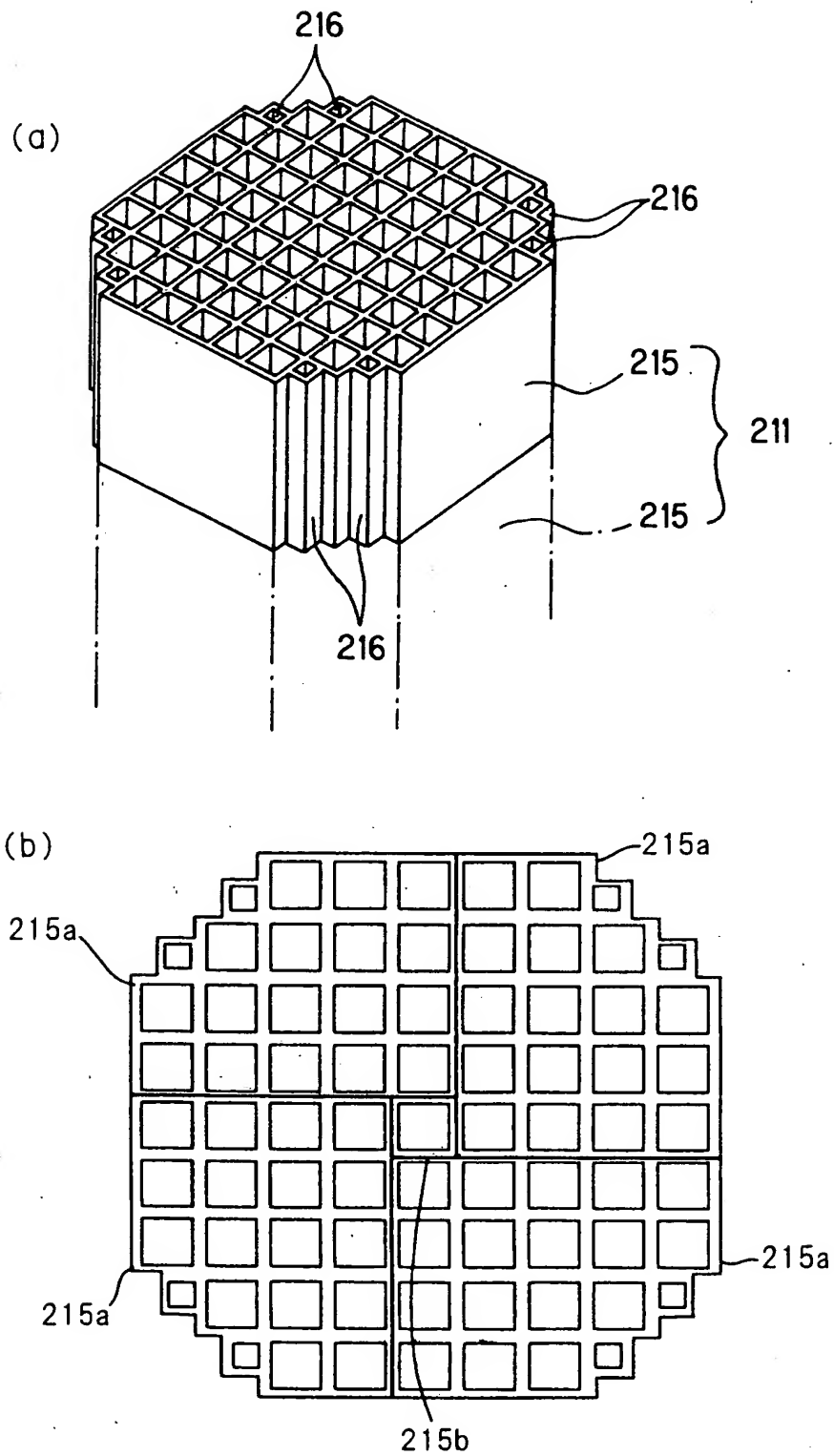
【図 1 0】



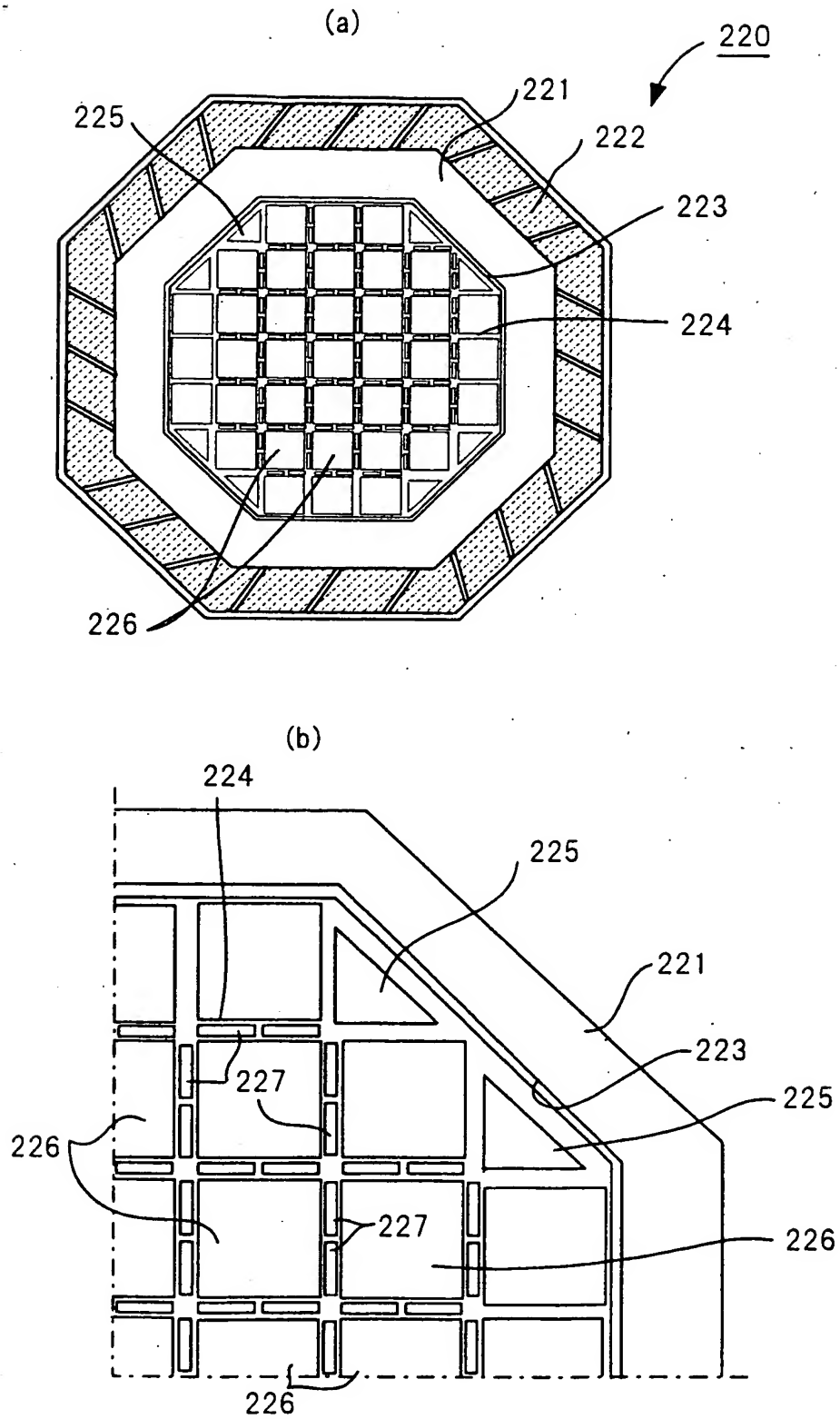
【図 11】



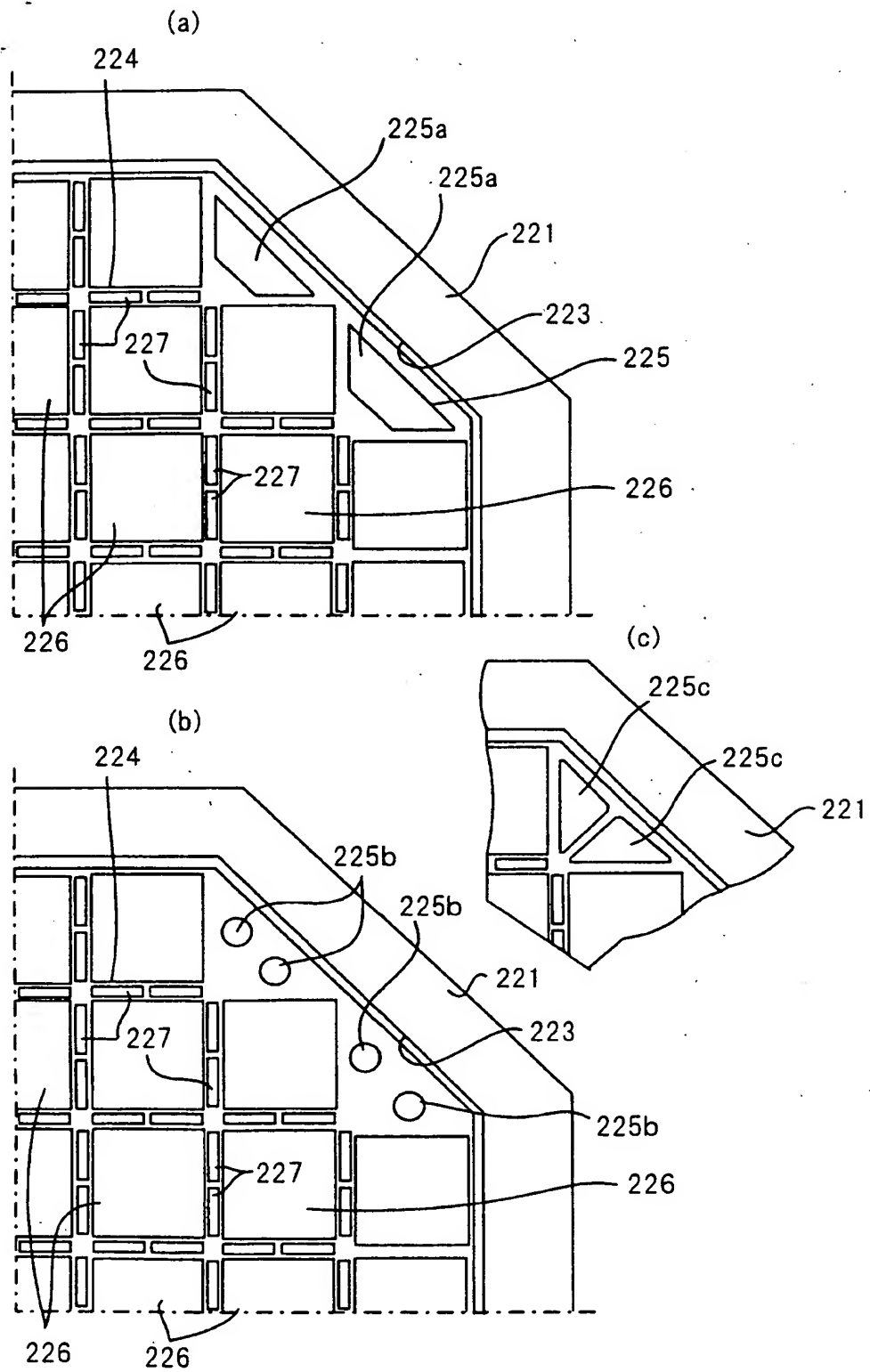
【図 12】



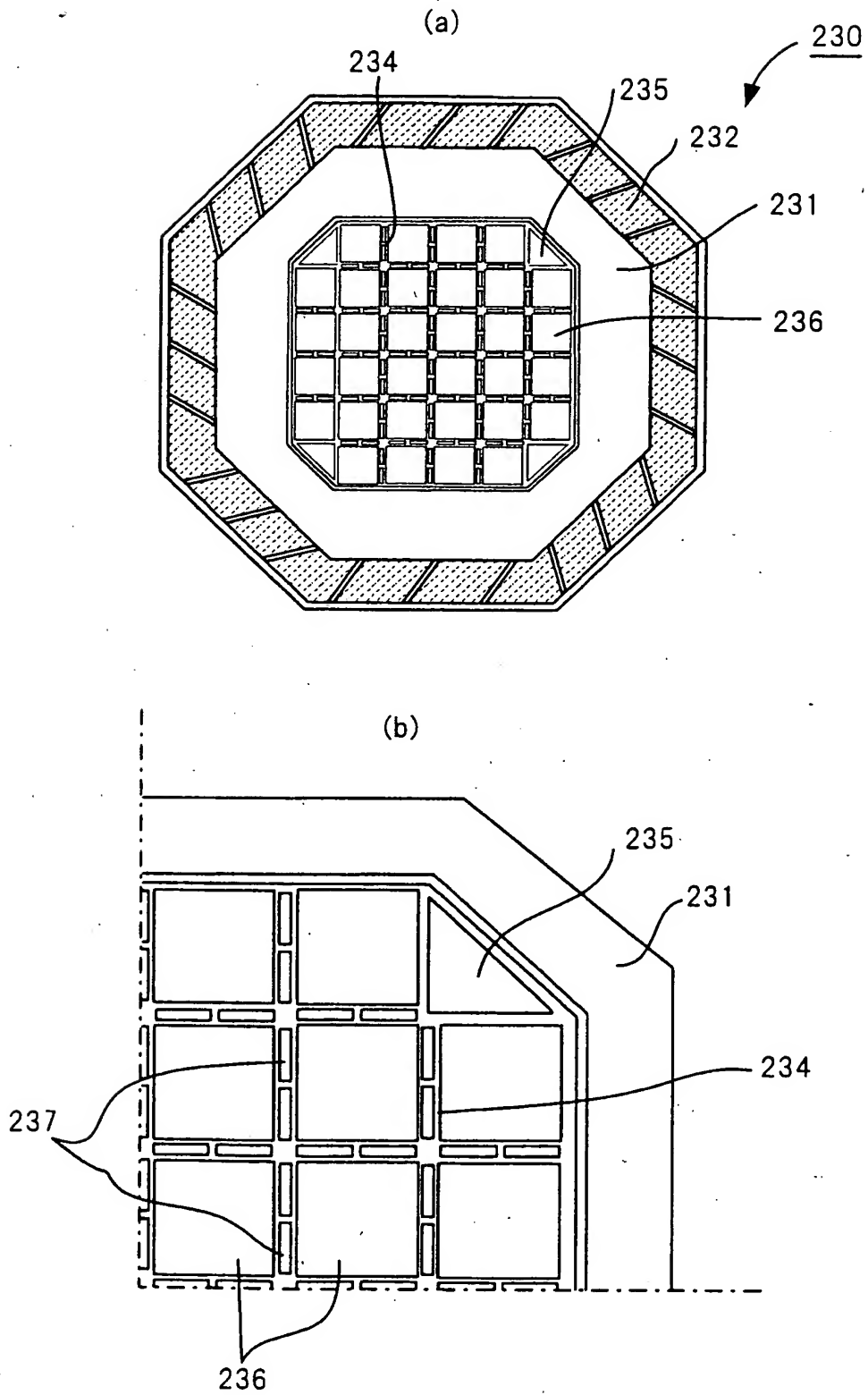
【図 1 3】



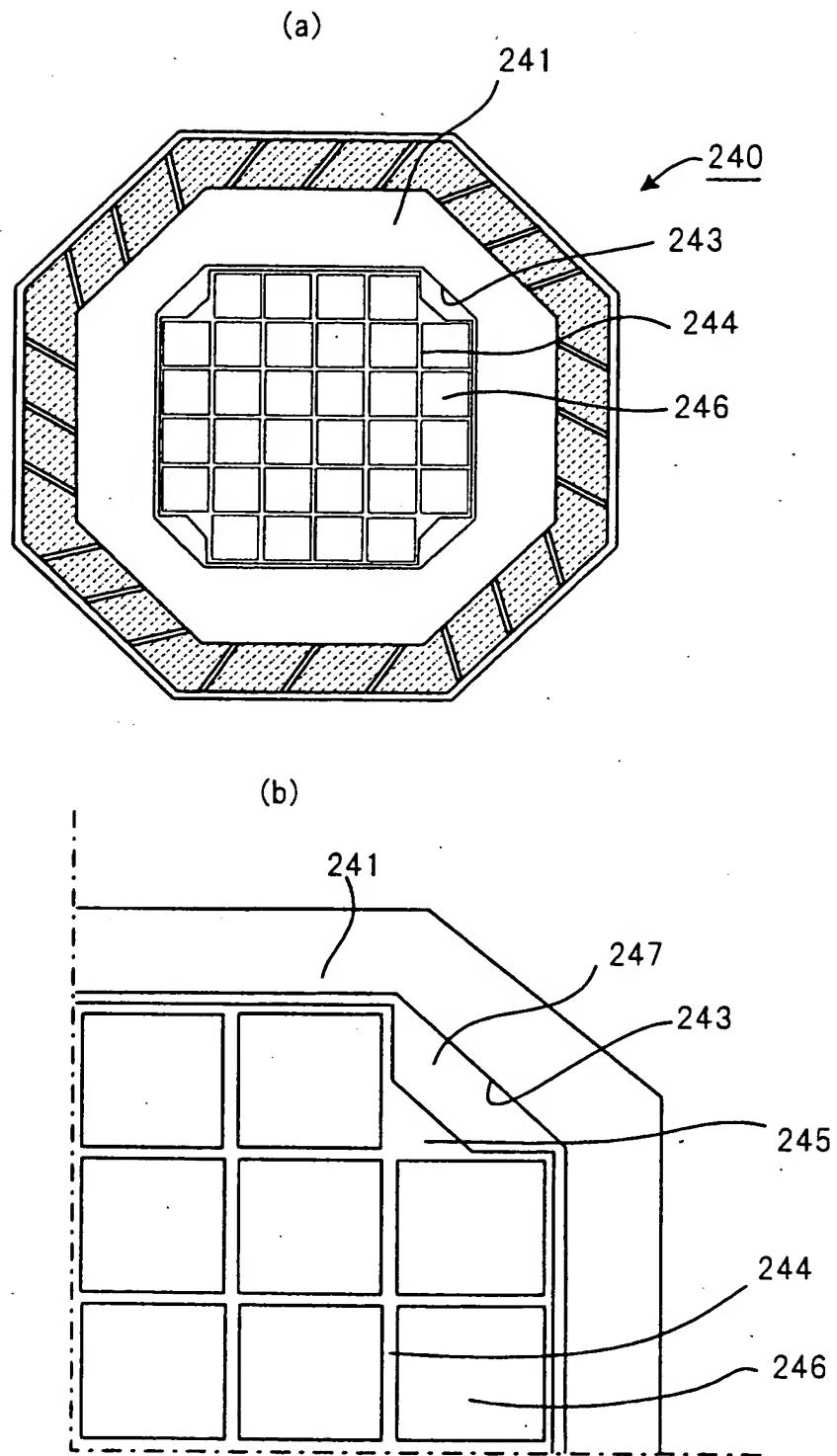
【図 1 4】



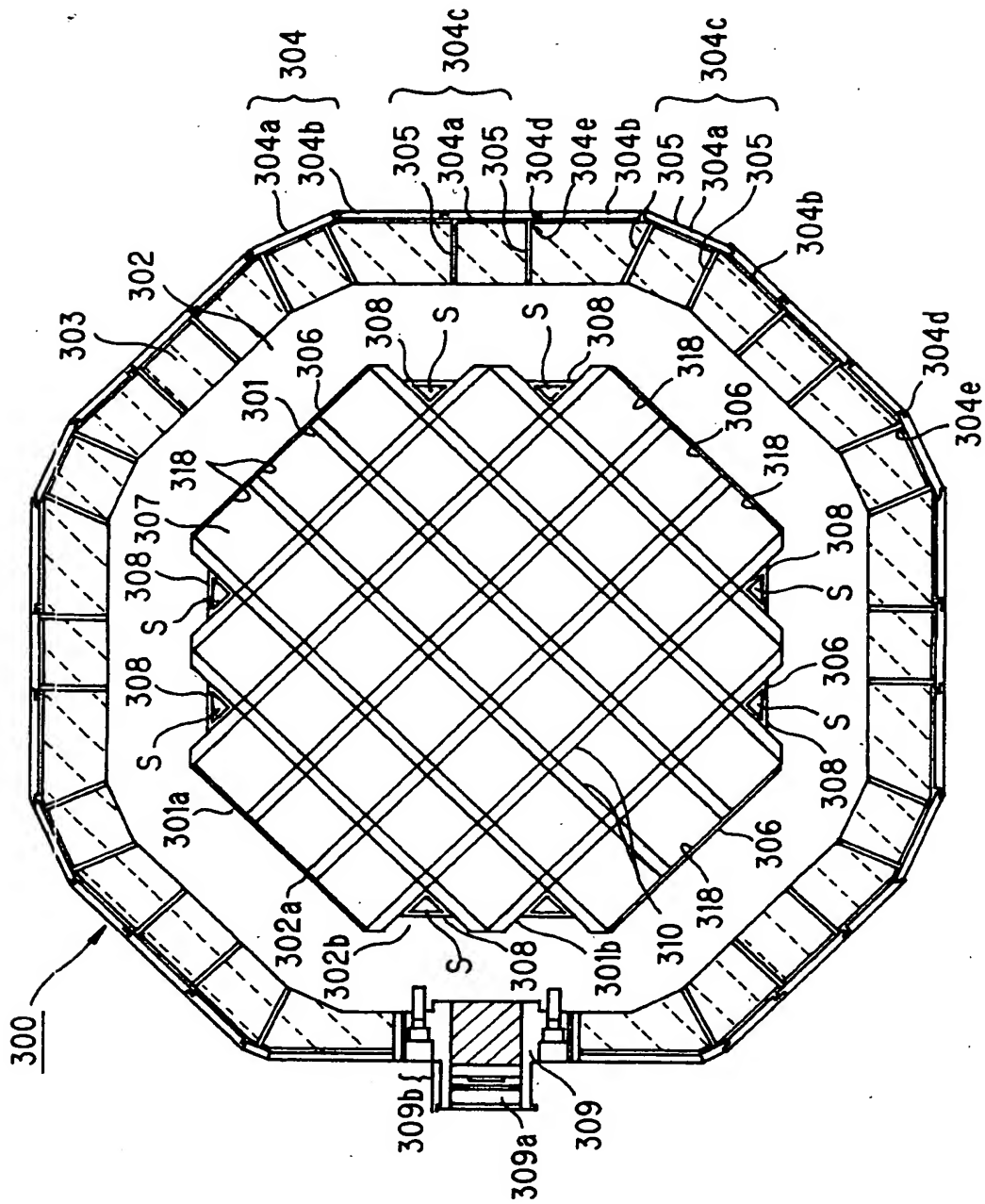
【図 15】



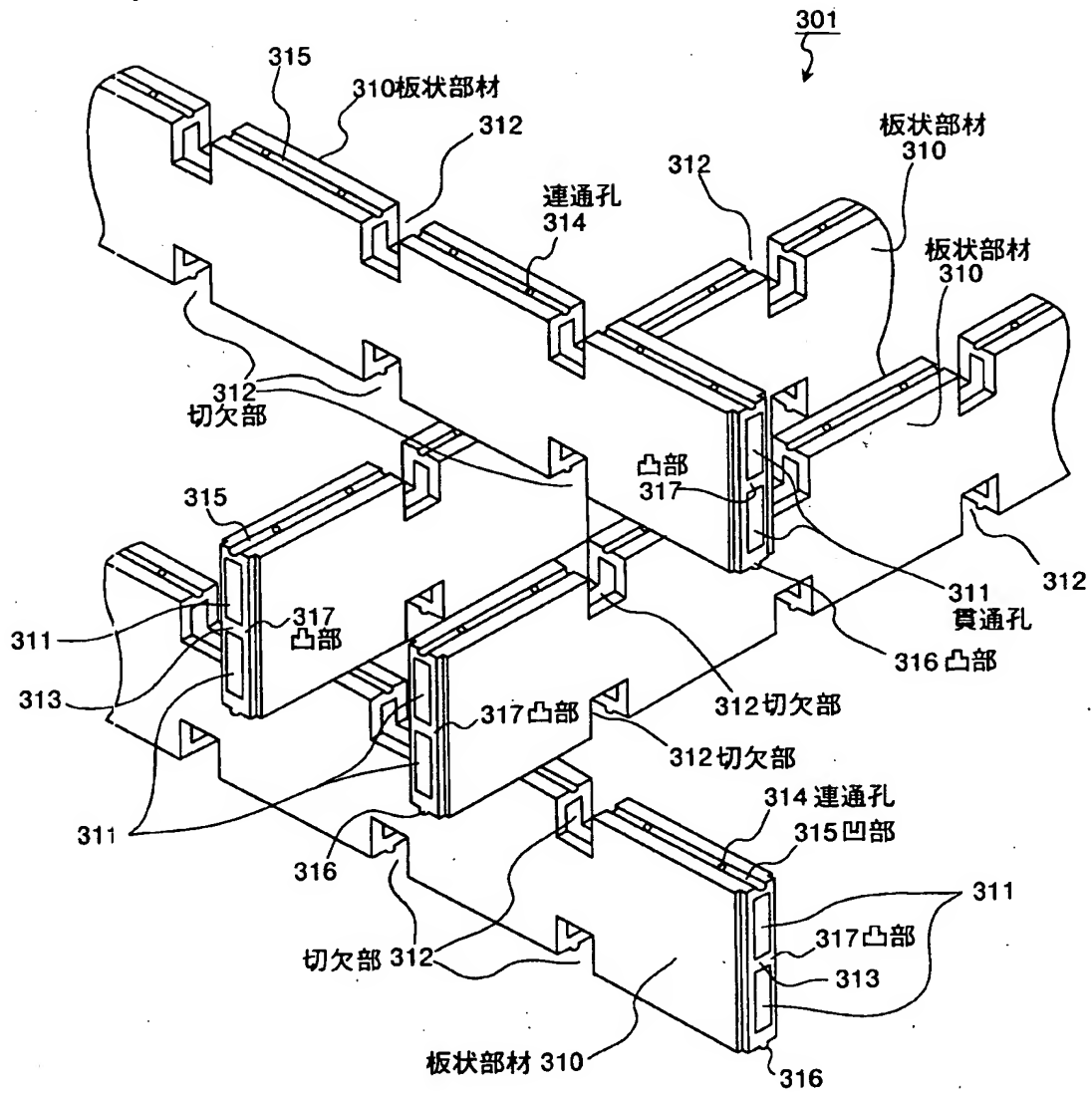
【図 1 6】



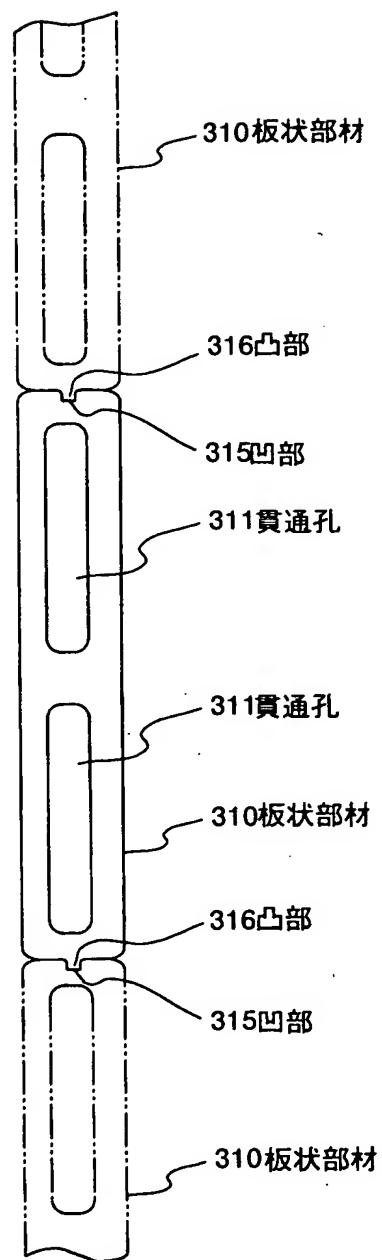
【図17】



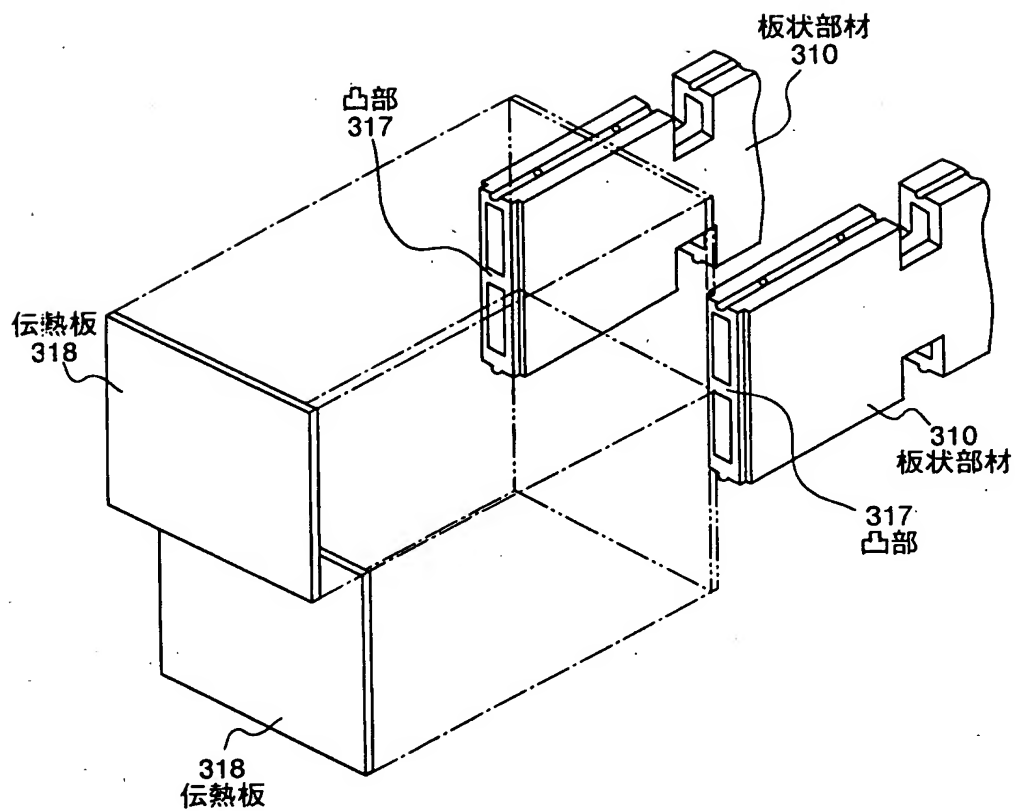
【図 1 8】



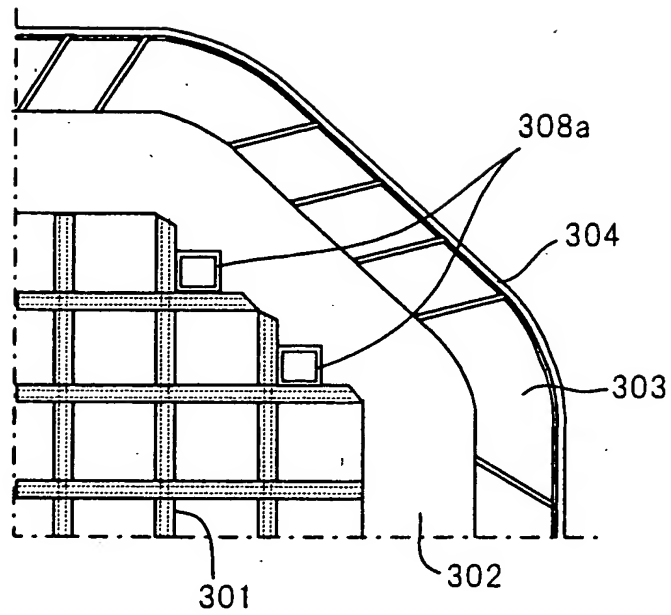
【図 1 9】



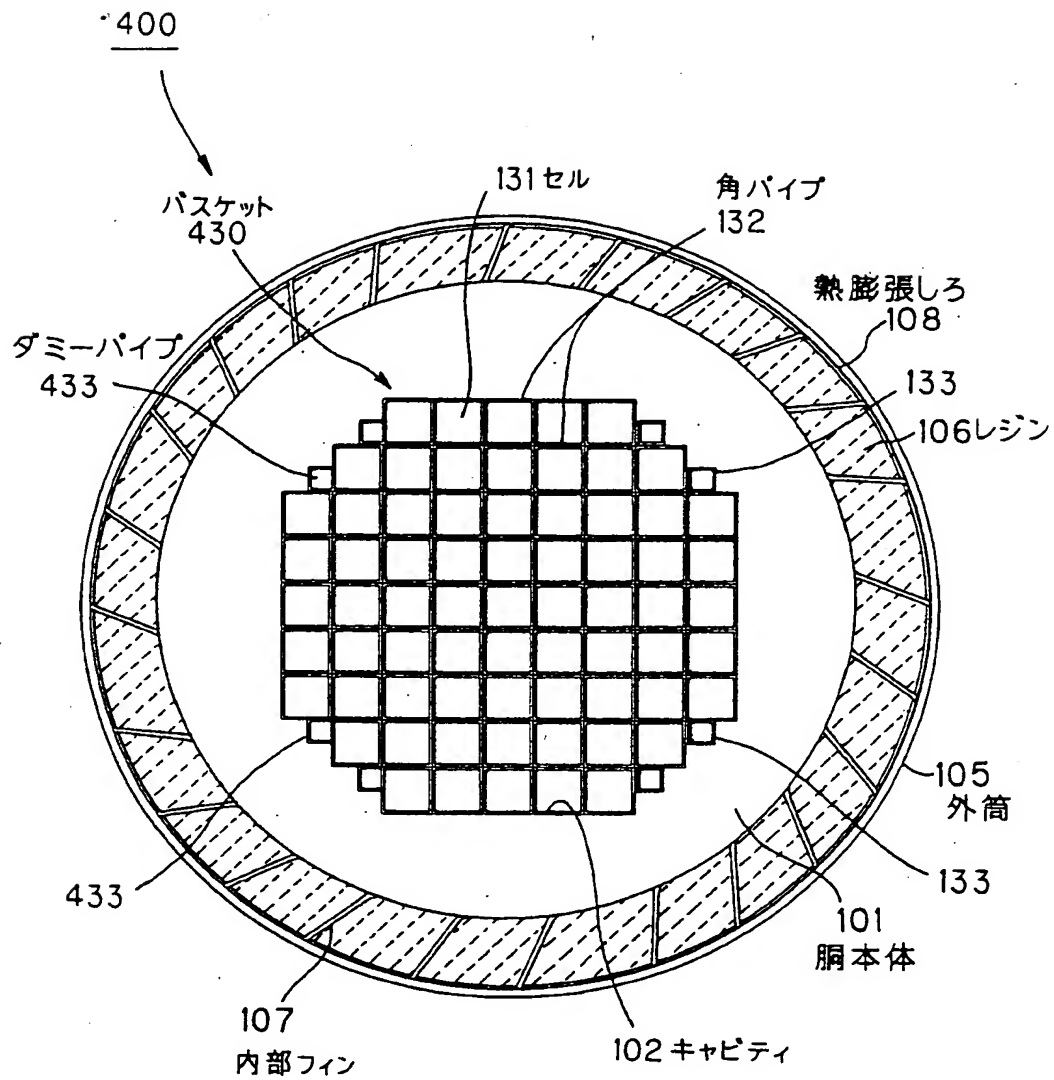
【図 2 0】



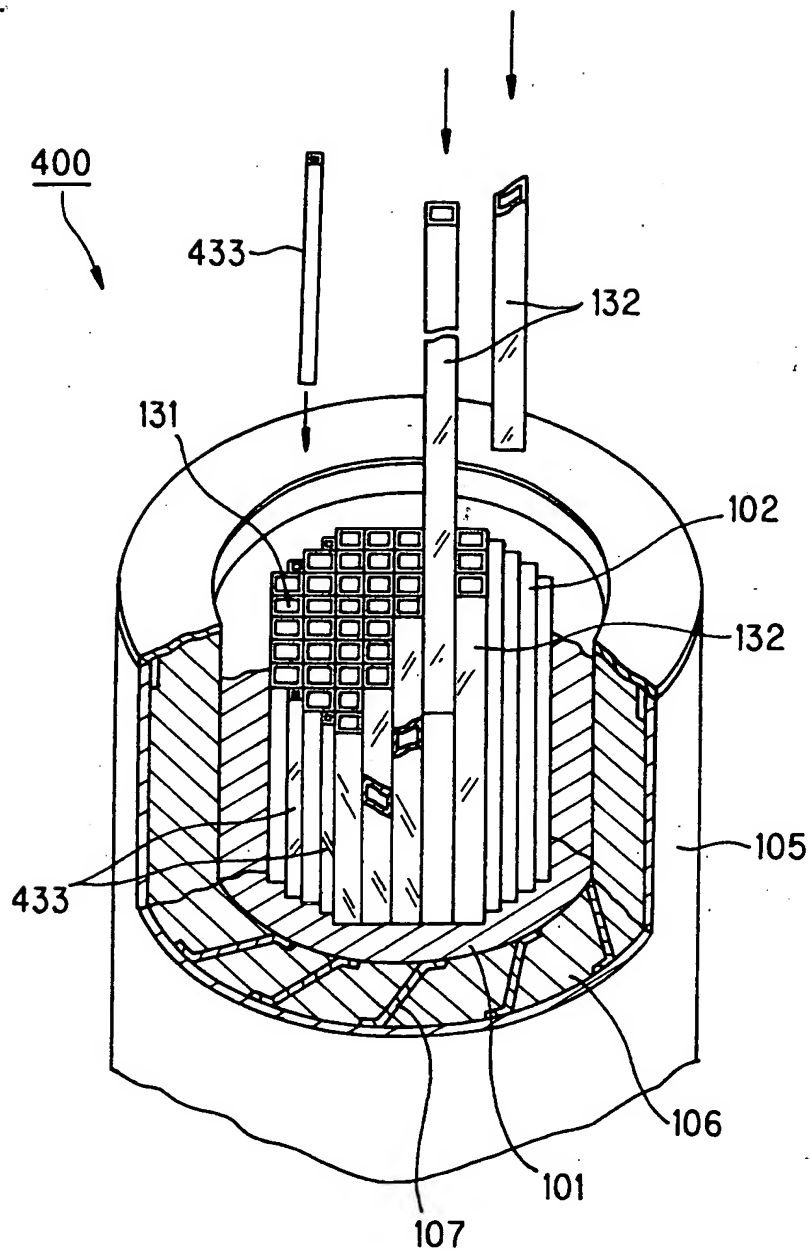
【図 2 1】



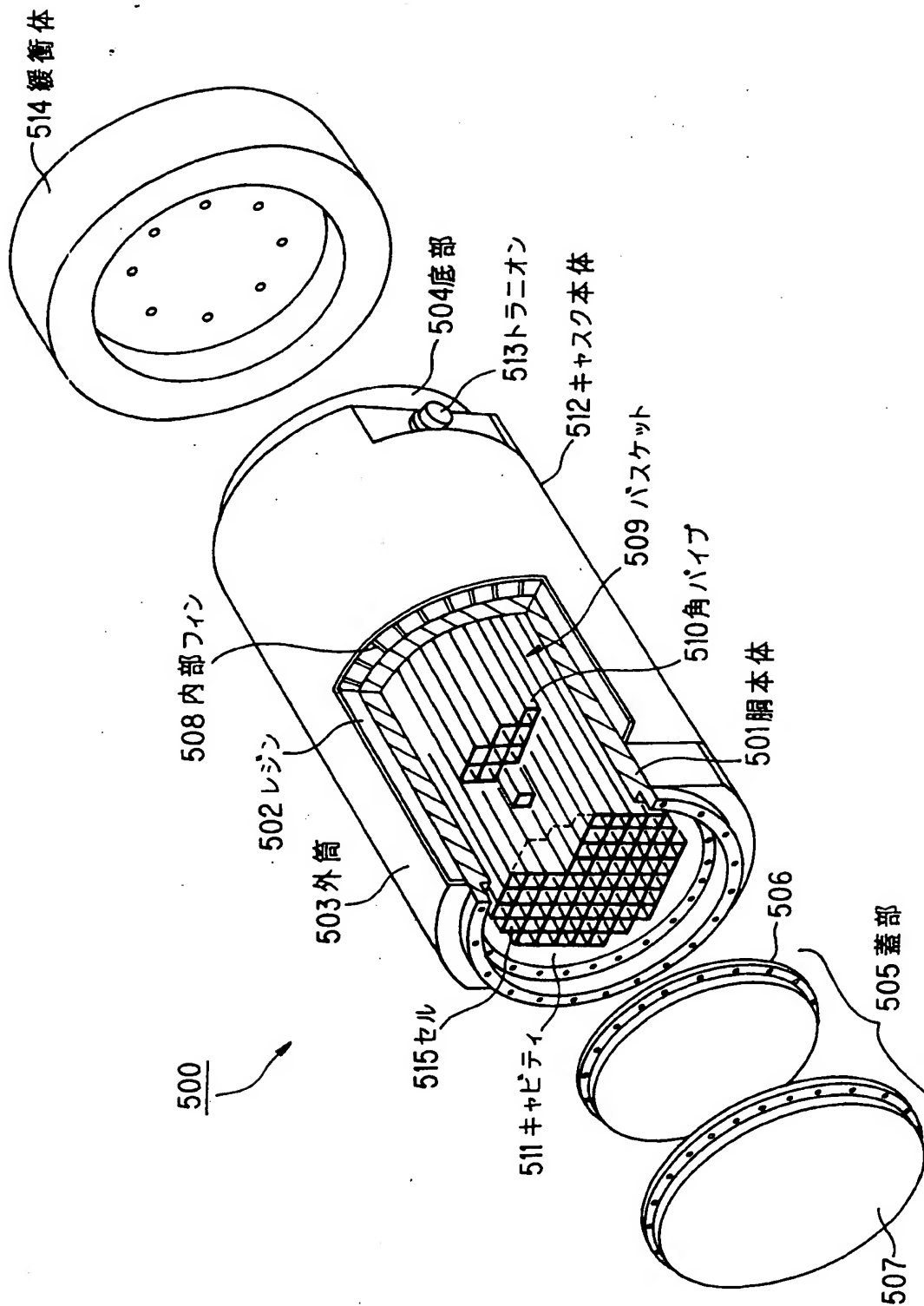
【図 22】



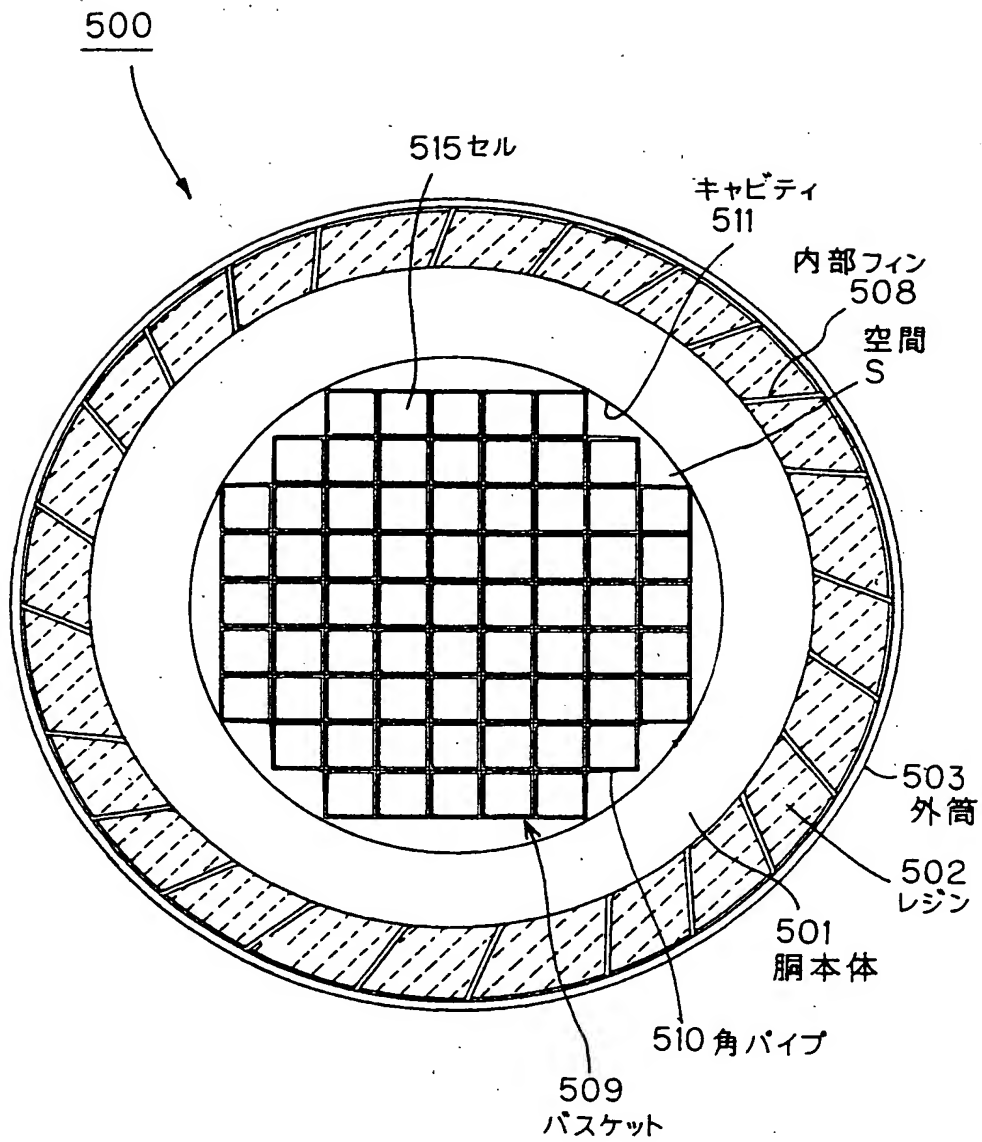
【図 23】



【図 24】



【図 25】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ギヤスクの熱伝導効率を向上すること。

【解決手段】 胴本体 1 0 1 のキャビティ 1 0 2 内の形状をバスケット 1 3 0 の外形に合わせたものとする。このバスケット 1 3 0 は、板状部材 1 3 5 を交互に直交させて積み重ねた構造である。板状部材 1 3 5 の外周には伝熱板が設けられている。これにより、バスケット 1 3 0 とキャビティ 1 0 2 とが広い面積で接触状態になるから熱伝導効率が向上する。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006208]

1. 変更年月日 1990年 8月10日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都千代田区丸の内二丁目5番1号  
氏 名 三菱重工業株式会社